

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS

E.A.P. DE CIENCIAS BIOLOGICAS

**Evaluación de soluciones hidropónicas para la
producción de "fresa" *Fragaria x ananassa* Duchesne
Cv. Chandler**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en
Botánica

AUTOR

Enoc Efer Jara Peña

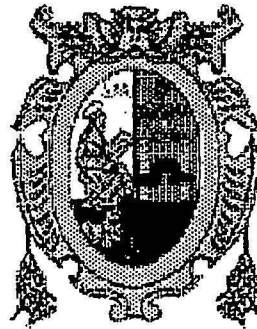
Lima - Perú

1999

CB
288
ej. 2

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú DECANO DE AMERICA)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLOGICAS



**EVALUACION DE SOLUCIONES HIDROPONICAS PARA LA
PRODUCCION DE "fresa" *Fragaria x ananassa* Duchesne
cv. Chandler**

Tesis para Optar el Título Profesional de
BIOLOGO CON MENCIÓN EN BOTANICA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ENOC EFER JARA PEÑA

LIMA-PERU

1999

020389

En memoria de
ANATOLIA PEÑA AGAMA
que la recordaremos
por siempre...

EBENEZER...Hasta aquí me ayudó Jehová

Con mucho afecto y gratitud a mi padre

Emiliano Jara Sáenz

por su esfuerzo y comprensión

Con mucha gratitud a mis hermanos

ELIZABETH

EDITH

EVELINA

EFRAIN

ENMA

EDGAR

A mis maestros M.Sc. Mery Suni y Dr. José Gómez,

Por su confianza, apoyo y enseñanzas.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la Bióloga M. Sc. Mery Suni Ninataype quien me mostró su confianza y la orientación en la realización de esta tesis.

A la agencia de Cooperación internacional WORLD VISION INTERNATIONAL quienes patrocinaron la realización de esta tesis.

Al Licenciado. Caleb Meza Arellano Director de WORLD VISION INTERNATIONAL por la aceptación en la ejecución del proyecto.

Al Ingeniero. José Luís Ochoa Gamboa Coordinador del PDA Carabayllo por su decidido apoyo incondicional y la confianza en realización del proyecto.

Al Ingeniero. Benjamín Coz Sedano Coordinador del proyecto "Scholarship" por sus consejos y preocupación en la culminación de la tesis.

Al Ingeniero. Isaías Castilla Buitrón del Laboratorio de Suelos y Fertilizantes del INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA E.E. CICH.K.M. HUARAL por su gesto profesional y humano en la realización de los análisis químico.

A mis hermanos Elizabeth, Evelina, Enma, Edith Efraín y Edgar quienes me brindaron todo su apoyo generoso y humano en los momentos difíciles.

Al Biólogo. Manuel Marín Bravo por su apoyo y sugerencias en la sistematización de la información.

A la Sra. Felipa Mendoza Alata y al Sr. Máximo Espinoza Espinoza quienes apoyaron en el mantenimiento del experimento.

INDICE GENERAL

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1.1. Descripción de la planta	4
2.1.2. Condiciones para el cultivo de la fresa	6
2.1.3. Elementos minerales y esenciales	8
2.1.4. Análisis químico de plantas	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Material vegetal	18
3.2. Métodos	20
3.2.1. Métodos aplicados en la preparación y mantenimiento	20
3.2.2. Métodos aplicados para la evaluación de la etapa vegetativa	23
3.2.3. Métodos aplicados para la evaluación de la etapa de floración y fructificación	26
4. RESULTADOS	30
5. DISCUSIÓN	36
6. CONCLUSIONES	40
7. RECOMENDACIONES	41
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
9. ANEXOS	47

INDICE DE CUADROS

	Pag.
1. Resultados del análisis de agua potable utilizada en la preparación de las soluciones hidropónicas en evaluación.	48
2. Fertilizantes y cantidades empleados en la preparación de soluciones nutritivas para tratamientos de la etapa vegetativa.	49
3. Fertilizantes y cantidades empleados en la preparación de soluciones nutritivas para tratamientos de la etapa de floración y fructificación.	49
4. Evaluación de crecimiento y desarrollo de la etapa vegetativa y de fructificación.	50
5. Valores promedios de los parámetros evaluados durante la cosecha y la separación de los promedios por la prueba de rango múltiple de Duncan.	51
6. Valores de caracterización de infrutescencias y la separación de los promedios por la prueba de Duncan.	51
7. Contenido químico de elementos esenciales en hojas de fresa.	52
8. Contenido químico de elementos esenciales por planta en fresa.	53
9. Contenido químico de elementos esenciales en hojas y raíces por planta (expresado en gramos).	54
10. Relación de área foliar total y peso fresco total durante el quinto muestreo.	55

13. Efecto de los tratamientos (combinaciones de 200:40:300 de N:P:K) en el número de flores y número de infrutescencias.	67
14. Distribución de la materia fresca en los órganos de la planta de fresa en el momento de la cosecha según los tratamientos aplicados.	68
15. Peso fresco y Seco de las láminas de las hojas en las plantas de fresa evaluadas a los 220 días	69

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
1. Diseño experimental aplicado en la etapa vegetativa del cultivo	56
2. Módulo de distribución de las plantas en una "cama" de cultivo.	57
3. Diseño experimental aplicado en la etapa de floración y de fructificación del cultivo.	58
4. Distribución de las "camas" de cultivo en el experimento.	59
5. Distribución de las plantas de fresa en una "cama" de cultivo.	60
6. Plantas de fresa a los 60 días después de los tratamientos T1 y T2 aplicados en la etapa vegetativa del cultivo.	61
7. Plantas provenientes de los tratamientos T1, T2 y T3 aplicados durante la etapa reproductiva. Nótese las diferencias entre sí.	62
8. Plantas provenientes de los tratamientos T1, T2 y T3 aplicados durante la etapa reproductiva. Nótese el número de coronas secundarias separadas entre sí.	63
9. Infrutescencias en desarrollo durante la cosecha.	64
10. Infrutescencias colectadas según los tratamientos al momento de una de las cosechas.	65
11. Instrumentos y materiales utilizados para determinar el contenido de azúcares reductores en las infrutescencias.	66
12. Fluctuación de la temperatura mínima, máxima y Humedad relativa media mensual durante el desarrollo del experimento.	22

RESUMEN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) es un cultivo de importancia económica que presenta serios problemas de enfermedades con lo que la calidad sanitaria y comercial del fruto baja e implica fuertes pérdidas económicas en su producción. Esta situación puede ser mejorada con plantas que presenten un buen desarrollo, bajo sistemas que mejoren su calidad sanitaria y productividad. Con esta finalidad en el presente trabajo se evaluó a 2 formulaciones de soluciones nutritivas durante la etapa vegetativa y 3 formulaciones durante la etapa fructificación de plantas de la variedad Chandler obtenidas a partir de cultivo *in vitro*, realizándose el experimento bajo condiciones de "invernadero" usando un sistema hidropónico en grava muy fina en Carabayllo al norte de Lima durante los meses de Diciembre de 1996 a Agosto de 1997. Durante el periodo de cultivo la temperatura fluctuó entre 14.1 °C y 25.6 °C.

Se realizaron muestreos destructivos a los 60, 90, 160, 190 y 220 días después de iniciado el tratamiento (ddt) para evaluar crecimiento, desarrollo y análisis químico de los órganos de la planta; adicionalmente en la etapa reproductiva de la planta se evaluaron número de flores, número, peso y contenido de azúcares reductores en los frutos.

No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en la etapa vegetativa pero sí en la etapa reproductiva al evaluar la altura de la planta, número de flores, porcentaje de azúcares reductores de los frutos, número y peso de los frutos en la cosecha. Tampoco se encontró diferencias significativas en el porcentaje de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Hierro. Combinaciones de 200:40:300 ppm de N:P:K en la etapa reproductiva favorecieron el mayor rendimiento en la planta.

Summary

Strawberry (*Fragaria x ananassa*. Duchesne) is an economically important crop but has serious disease problems that is why sanitary and commercial quality of the fruit decreases and that means severe economic loss in its production.

This situation may be improved with plants with a better development using systems with better sanitary conditions and high productivity. For this purpose the present work evaluated two nutritive solutions formulas during vegetative period and three solutions during the fructification period in plantlets of the variety Chandler wich were grown *in vitro*. This experiment was carried out under greenhouse conditions using a hydroponic system with very fine gravel in Carabayllo, north of Lima from December 1996 to August 1997. During the crop period the temperature ranged between 14.1 °C and 25.6 °C.

Destructive samplings were done at 60, 90, 160 and 220 days after treatment to evaluate growth, development and determine the chemical composition of the organs, the number of flowers, and weight and reducing sugar content in the fruit.

No significant differences were found between treatments in the vegetative period but they were in the productive stage for the plant's height, flower number and fruit weight at the harvest. Neither were there significative differences in Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium and Ferrous percentages.

Combinations of 200:40:300 ppm of N:P:K in reproductive period increased the yield.

INTRODUCCION

El territorio del Perú comprende una extensión continental de 10285 982,6 Km², sin embargo nuestro país es dramáticamente deficiente en tierras agrícolas, pues de 128.5 millones de hectáreas de superficie total que comprende nuestro territorio, sólo 2.7 millones de hectáreas (alrededor del 3%) constituye su superficie total cultivada efectiva, es decir la gran mayoría de tierras son "no agrícolas" o consideradas marginales para la agricultura convencional. La superficie cultivada de hortalizas a nivel nacional varía entre dos mil a tres mil hectáreas, lo que viene a representar apenas de 0.08 a 0.1 % de tierras cultivas, sin contar con la estacionalidad ni con las condiciones a veces muy severas como heladas y sequías de los ambientes locales (Moreno,1996).

Es precisamente dentro de estas condiciones naturales limitantes para la agricultura peruana que los sistemas hidropónicos pueden constituirse en una herramienta excepcional ya que se puede hacer uso de suelos considerados "no aptos" y poder complementar la producción de hortalizas en general. Así las estadísticas de producción para el cultivo de la "fresa" indican que las cifras son muy inferiores con respecto a otros países de Latinoamérica; en el año de 1996 en cuanto al rendimiento nacional de la fresa fue de 11,196 Kg/ha y el rendimiento para región Lima fue de 12,000 Kg/ha. La producción nacional de fresa fue de 15,249 toneladas métricas y para la región Lima se registró 13,428 (T.M.), según la Oficina de Información Agraria del Ministerio de Agricultura.

En la agricultura tradicional bajo condiciones de cultivo en campo, la fresa, *Fragaria* spp, cuya cosecha son las infrutescencias, presenta varios problemas de enfermedades y plagas, particularmente durante la etapa de fructificación debido a la calidad del riego en condiciones de campo, por lo que la calidad sanitaria y comercial del fruto es baja. Todo esto significa fuertes pérdidas económicas y el consiguiente riesgo en la salud del consumidor.

Se señala también que estos problemas tienen relación con los elementos minerales en el suelo, ya que los nutrientes minerales constituyen un factor importante del ambiente involucrado en la susceptibilidad de la planta a las enfermedades, porque la nutrición de la planta determina en gran medida la resistencia o susceptibilidad, así como la capacidad de los patógenos para sobrevivir. La inmovilización de nutrientes que la

planta necesita para sintetizar barreras físicas y químicas, por acción de los microorganismos patógenos o saprófitos en el ambiente o en el umbral de la infección, puede dar como resultado una planta susceptible a la enfermedad, la ausencia o deficiencia de nutrientes de la planta requeridos por un organismo para su actividad patogénica se puede manifestar como resistencia o escape a la enfermedad. Así, la nutrición, aunque frecuentemente no reconocida, siempre ha sido un factor importante en el combate de la enfermedad, un adecuado manejo de estos nutrientes se puede lograr mediante la aplicación de soluciones nutritivas en sistemas hidropónicos, donde se controla la disponibilidad de estos elementos para la planta (Huber, 1997).

Se tiene conocimiento que la nutrición mineral afecta la calidad comercial de los frutos. Así por ejemplo la deficiencia del potasio en la "fresa" y en el "tomate", provoca la maduración irregular del fruto, con áreas que no llegan a colorearse. Por otro lado, excesivos niveles de potasio, pueden inhibir la absorción de otros cationes como el magnesio y el calcio; el magnesio actúa sobre el color y sabor del fruto y la disponibilidad del calcio es afectado por bajos valores del pH, especialmente cuando se usa fuentes de nitrógeno amoniacal, por altos valores de magnesio en el suelo (Hochmuth, 1991). Esto muestra la necesidad de un buen manejo de los elementos minerales para el éxito en desarrollo de la planta. Lo cual se puede lograr mediante los cultivos hidropónicos, además de incrementar el área agrícola debido a que se hace uso de terrenos no apropiados para la agricultura y los rendimientos por unidad de área neta cultivada son superiores (en el orden de hasta 10 veces superior) (Moreno, 1994). Asimismo es posible mejorar la calidad sanitaria y comercial de los frutos además se conoce que la fresa es un cultivo rentable, ya que se realizan cosechas continuas durante un tiempo no menor de 3 meses a partir de la primera cosecha. Por otro lado el cultivo de la fresa requiere de la provisión y buen manejo de nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro, y en nuestro medio se han realizado pocos estudios de evaluación del nivel óptimo de concentraciones de estos elementos para aplicar a la planta, menos aún existen estudios bajo condiciones de hidroponía lo cual se desea desarrollar con la presente investigación.

Mediante este trabajo se pretende determinar las soluciones nutritivas óptimas para la producción de los frutos a nivel de "camas" de grava muy fina, para ello se

buscará determinar los requerimientos nutricionales de la etapa vegetativa y de floración y fructificación mediante tratamientos con soluciones nutritivas para cada etapa.

Por lo expuesto, se plantea la presente investigación, teniendo los siguientes objetivos:

- Establecer las concentraciones adecuadas para una solución nutritiva óptima a usarse en la fase vegetativa de la "fresa" cv. "Chandler".
- Establecer una solución nutritiva óptima para el periodo de floración y fructificación de la fresa cv. "Chandler".
- Determinar la absorción de nutrientes por la planta.

2. ANTECEDENTES

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA

La fresa *Fragaria x ananassa* Duchesne. Pertenece a la familia Rosaceae, subfamilia Rosoideas, género *Fragaria*. Es una planta herbácea rastrera perenne que produce estolones de bajo porte que alcanza hasta 0.50 m de altura. Las especies pueden incluirse en 4 grupos, de acuerdo al nivel de ploidia que presentan. Según este concepto existen 5 especies diploides, 2 tetraploides, 3 octoploides y 1 hexaploides. Se consideran a las variedades que actualmente se cultivan en la costa central del Perú, introducidas de Norte América como *Fragaria x ananassa* Duchesne es decir un híbrido entre *Fragaria chiloensis* x *F. virginiana*, muchas de las fresas de frutos grandes tienen este origen. Tiene un gran parecido con *Fragaria virginiana* var. *Illinoensis*, que es una especie del grupo octoploide ($2n = 56$ cromosomas), pero su follaje es más espeso y rugoso. Se le encuentra a menudo en estado silvestre cercanas a los lugares de cultivo a lo largo de las líneas de ferrocarril, en los Estados Unidos. Algunos especímenes han sido vistos en Europa, Norte América, Rusia, Hawai, Japón y China (Franciosi, 1974).

El cultivar Chandler es un cruce de la variedad "Douglas y "C 55" seleccionado en 1979. Este cultivo es de fructificación temprana, pero ligeramente más tardío que "Douglas", pero de frutos más uniformes, firmes, grandes, mejor coloreados y más dulces, además tiene la ventaja de presentar los aquenios "semillas" más hundidos en la superficie del fruto. En plantaciones tardías se muestra superior a Douglas. Su defecto es posiblemente referente a su mayor susceptibilidad a las enfermedades fúngicas, como la *Botrytis cinerea* que causa la caída de flores y pudrición de frutos; y a las plagas como la "arañita roja" *Tetranychus urticae*, etc. (Barriga, 1991; Arévalo, 1997).

El desarrollo del sistema radicular de la fresa, difiere entre variedades y según el tipo de suelo en que se cultiva, en general es fibrosa, de desarrollo superficial, alcanzando lateralmente unos 30 cm aproximadamente con más de 30 raíces secundarias.

La planta presenta un tallo de tamaño reducido denominado "corona" del cual se ramifica estolones que emite de trecho en trecho; el tallo es corto con yema de tres tipos:

Unas producen nuevas coronas, algunas desarrollan guías y otros forman inflorescencias (Folquer, 1986).

Las hojas son trifoliadas anchas en la base, alternas y están sostenidos por un peciolo de longitud, grosor y pilosidad variables, en la base con estípulas membranosas y termina en tres foliolos, foliolo de color verde mas o menos oscuro y brillante de borde aserrado y con la cara superior pubescente. Pueden ser planas, abarquilladas El foliolo central es más grande que los laterales que son asimétricos (Franciosi, 1974).

Las yemas axilares dan origen a estolones epigeos, de longitud y tamaño variable según sean las condiciones de cultivo y variedad. Por otro lado, de la corona nacen diversos tipos de tallos o ramas algunos de tipo floral o inflorescencias, otros de tipo vegetativo que en caso de ser alargados y comprimidos se llaman estolones y en caso de ser comprimidos se llaman hijuelos o coronas secundarias, que son usados en nuestro medio para propagación. El estolón, en su estructura anatómica, es un verdadero tallo, con tejido especializado en la conducción de nutrientes, usualmente tienen dos entrenudos muy largos, seguido por una serie de entrenudos cortos, que forman la corona de la futura planta. La yema del primer nudo está en latencia y cuando se desarrolla es de menor longitud y vigor.

Las flores son generalmente perfectas, hermafroditas o dioicas, pero también presentan flores unisexuales o diclinas, reunidas en inflorescencias cimosas de tipo bíparo o solitario, sostenidos por escapos florales delgados, el cáliz está formado por cinco sépalos persistentes que pueden o no estar aplicados al receptáculo y debajo se observa un cálculo con sepalulos que se alternan con los sépalos, regularmente con cinco pétalos ovales de color blanco y su pre-floración es imbricada. Las flores poseen estambres numerosos y libres ubicados en tres espirales rodeando a los pistilos, con anteras de dehiscencia longitudinal, la polinización es predominantemente cruzada realizada por insectos lo que es indispensable para inducir el desarrollo del receptáculo. Las flores son receptivas hasta siete días después de la antésis, pero el mejor tiempo para la polinización son los primeros cuatro días. La parte comestible está constituida por el receptáculo carnoso que puede adoptar formas, color y tamaño variables. Los verdaderos frutos son de tipo aquenio, duros, pequeños, persistentes de color claro a negruzco, insertos en pequeñas fosas del receptáculo (Folquer, 1986; Franciosi, 1974).

2.1.2 CONDICIONES PARA EL CULTIVO DE LA FRESA

Los factores que influyen en el crecimiento vegetativo, la producción y la calidad del fruto de una variedad son el fotoperiodo y la temperatura.

Requiere de temperaturas que van de 15 °C a 20 °C. La temperatura de ambiente influye en forma notable en el sabor y forma adquirida por los frutos. La mayoría de las variedades pueden ser consideradas como de día corto que inician la formación de yemas florales durante los días de corta duración y temperaturas frescas, prosiguiendo luego el desarrollo de las yemas vegetativas y por lo tanto estolones durante los días largos con temperaturas más elevadas. Las variedades de fresas están clasificadas en varias categorías: variedades de días neutros (la duración del día no afecta la floración), las que siempre fructifican variedades tales como: "Seascape", "Selva", "Fern Irvine", "Tristar" y "Brightong". Las variedades de días cortos (florece bajo condiciones de días cortos). Las variedades más conocidas son: "Camarosa" "Chandler", "Douglas", "Pájaro" y "Sweet Charlie"(Resh,1997).

Prefiere suelos arenosos por las ventajas que ofrece como: mejor tratamiento para el control de nemátodos, insectos, hongos, preparación del terreno y mayor facilidad para realizar labores culturales; desarrolla mejor en suelos con pH que va de 5 a 7. Es sensible a sales. Al parecer el rango óptimo de temperatura del suelo para el cultivo de la fresa "Chandler" está entre 18 - 22 °C (Arévalo,1997).

LOS SUSTRATOS

Ofrecen apoyo mecánico a las raíces, para que las plantas pueden crecer libremente, retienen agua y nutrientes para suministrarlos en la medida que lo requiera la planta y finalmente, ofrecen canales gaseosos que permitan la oxigenación adecuada de la raíz (Zapp, J. 1991).

Las propiedades físicas constituyen el conjunto de características, que describen el comportamiento del sustrato en relación con su porosidad, que ha de determinar las fracciones sólida, líquida y gaseosa del mismo y por lo tanto las cantidades de agua y de aire de los que va a disponer la planta. Por consiguiente, de dichas características dependen tanto la nutrición de las plantas como la respiración radicular y todos los procesos afectados por ellas.

Los requerimientos ideales de un sustrato hidropónico son:

- Debe ser lo mas inerte posible con respecto a la actividad química de la solución nutriente.
- No debe liberar sustancias tóxicas para la planta ni para quienes se van a alimentar de ella.
- Así no actúe directamente como proveedor de sustancias nutritivas, una pequeña capacidad de intercambio catiónico le permite suplir necesidades momentáneamente de algunos nutrientes, en las etapas de cultivos en que las plantas lo requieran.
- Debe ser capaz de retener la máxima humedad posible tanto en su exterior como en su interior.
- Debe tener una textura y tamaño tal que permita la circulación libre del aire para la oxigenación de las raíces.
- Debe ser inerte en términos biológicos, para evitar que consuma en los procesos de degradación, nutrientes esenciales para la planta.
- Debe tener una buena capilaridad para distribuir adecuadamente el nutriente a partir de los puntos de riego.
- Debe ser liviano para reducir los costos de transporte y los de la estructura y recipientes destinados a contenerlo.
- Debe ser estable físicamente para que su contextura se mantenga a lo largo del tiempo.
- Debe existir disponibilidad suficiente en la cercanía de los cultivos (Zapp, 1991).
- Su textura debe permitir el drenaje fácil de cualquier exceso de solución nutriente que puede afectar la ventilación de las raíces.

Dentro de los sustratos más utilizados en hidroponía se tiene:

Arena y Grava

La arena de granulometría comprendida entre 0.2 y 2 mm y la grava entre 2 y 20 mm, tienen composición y propiedades dependiente de su material de origen. Para su empleo en horticultura se recomienda atender dos aspectos: su contenido de carbonato de calcio total no superior al 10%, y su distribución granulométrica, debido al efecto de la misma sobre la disponibilidad del agua y de aire. Se recomienda emplear arena de grano entre 0.5 y 2 mm, que tiene buena porosidad, aún cuando su retención hídrica es pequeña. Las granulometrías inferiores a 0.5 mm son peligrosas por el riesgo de asfixia radicular y

las superiores a 5 mm no retienen agua, lo que obliga a un rígido control o supervisión de la frecuencia de riego. Entre las ventajas más importantes de las arenas y las gravas están su bajo costo, su estabilidad estructural, facilidad de limpieza y tratamiento de desinfectante, inactividad química en el caso de materiales no calcáreos. Los inconvenientes son su alta densidad, que dificulta el manejo, y su baja retención de agua (Florian, 1997)

Lana de roca

Este sustrato, muy difundido en el pasado, se obtiene de rocas basálticas fundidas a 1600 °C sobre un cilindro que gira a gran velocidad; bajo corriente de aire que sometido a rotación forma un fundido fibroso muy fino, se enfría y se trata con polímeros de urea-formol y con un agente surfactante que les da características higroscópicas, se comercializa sólo o en forma de planchas, cubos, cilindros de tamaños diversos, envueltos en láminas de polietileno o desnudos. En términos prácticos tiende a comportarse como cascarilla de arroz luego de uno o dos años de su uso como sustrato; constituye un desecho no biodegradable y en forma seca es un contaminante peligroso capaz de causar daños en los ojos y en la piel (Florian, 1997; Zapp, 1991).

2.1.3 ELEMENTOS MINERALES Y ESENCIALES

De los 92 elementos naturales que se conocen, 60 de ellos han sido encontrados en las diversas plantas; no obstante, muchos de estos no se consideran esenciales para su crecimiento, y su existencia probablemente se debe a que las raíces de las plantas absorben de su entorno algunos elementos que existan en forma soluble. Las plantas, no obstante tienen la habilidad de poder seleccionar la cantidad de los diversos iones que absorben, no siendo normalmente esta absorción directamente proporcional a la cantidad de nutrientes que existen; es más, según las especies, puede variar esta habilidad de seleccionar cada uno de los iones.

Son dos los criterios principales por los que un elemento puede considerarse esencial o no esencial para cualquier vegetal (Epstein, 1972): En primer lugar, un elemento es esencial si el vegetal no puede completar su ciclo biológico, (esto es, formar semillas viables) en ausencia de tal elemento. En segundo lugar, un elemento es esencial si forma parte de cualquier molécula o constituyente de la planta como un metabolito

esencial o ser requerido para una acción enzimática (como el nitrógeno en las proteínas o el magnesio en la clorofila, por ejemplo). Aún cuando estos dos criterios tienen amplia aceptación entre los expertos en nutrición mineral, con frecuencia se consideran otros criterios. Arnon and Stout (1939) propusieron el uso de un tercer criterio: Si un elemento es esencial, debe actuar de manera directa en el interior de la planta sin influir en que algún otro elemento sea más fácilmente disponible, ni antagonizar el efecto de algún otro elemento.

Se tiene un total de 16 elementos esenciales. Uno más, el níquel, no se sabía que fuera esencial. Estos están divididos arbitrariamente entre macronutrientes (macroelementos), aquellos requeridos relativamente en gran cantidad por las plantas y los micronutrientes (oligoelementos), aquellos que son necesitados considerablemente en menor cantidad. Los macroelementos incluyen carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo, potasio (K), calcio (Ca), azufre (S), magnesio, (Mg). Los microelementos incluyen hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y el níquel (Ni). Con estos 17 elementos y la luz solar, la mayoría de las plantas son capaces de sintetizar todos los compuestos que necesitan. Aunque la mayoría de las plantas requieren solamente 16 elementos esenciales. Teniendo estos nutrientes en cantidades adecuadas, una planta es capaz de desarrollar y completar su ciclo biológico bajo condiciones ambientales favorables. Con excepción de los elementos no minerales C, H, O, que son incorporados al metabolismo de la planta del agua y del aire, todos los demás elementos son absorbidos a través de las raíces.

Además de aquellos elementos químicos, otros han sido considerados benéficos, bajo ciertas circunstancias y para ciertas especies de plantas, sin embargo sin seguir el criterio de esencialidad. Como ejemplo podemos citar al sodio (Na) para ciertas plantas halófitas; el silicio (Si), para algunas gramíneas y, por consideraciones estructurales, el cobalto (Co) para leguminosas que fijan nitrógeno y el níquel (Ni) para la utilización del nitrógeno en forma de urea (Berry, 1996 ; Furlani, 1997 ; Resh, 1992; Salisbury and Ross, 1994).

FUNCIONES DE ELEMENTOS ESENCIALES EVALUADAS EN EL EXPERIMENTO

1. Nitrógeno

Es absorbido en forma de NO_3^- y NH_4^+ . Forma parte de un gran número de compuestos orgánicos necesarios, incluyendo aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila. Se caracteriza porque: 1) Da el color verde intenso. 2) Fomenta el rápido crecimiento. 3) Aumenta la producción de hojas y mejora la calidad de las hortalizas. 4) Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos de los alimentos y forrajes.

2. Fósforo

Las plantas toman en forma de H_2PO_4^- . Forma también parte de muchos compuestos orgánicos importantes, donde se incluyen la glucosa, el ATP, ácidos nucleicos, fosfolípidos y ciertas coenzimas. Se caracteriza porque: 1) Estimula la rápida formación y el crecimiento de las raíces. 2) Facilita el rápido y vigoroso comienzo a las plantas. 3) Acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos. 4) Ayuda la formación de las semillas. 5) Da vigor a los cultivos para defenderse del rigor del invierno.

3. Potasio

Las plantas las toman en forma de K^+ . Actúa como enzima o activador de muchas enzimas. Las síntesis de proteína requiere de altos niveles de potasio. El potasio no forma parte estable en la estructura de ninguna moléculas de las células que se encuentran en las plantas. Sus características son: 1) Otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas. 2) Ayuda a la producción de proteína de las plantas. 3) Aumenta el tamaño de las semillas. 4) Mejora la calidad de los frutos. 5) Ayuda el desarrollo de los tubérculos. 6) Favorece la formación de las antocianinas en las hojas y los frutos.

4. Calcio.

Es absorbido en forma de Ca^{+2} . Se encuentra a menudo precipitado como cristales de oxalato cálcico en las vacuolas. Se encuentra también como pectato cálcico

en las paredes primarias de las células adyacentes. Es preciso para lograr la integridad de la membrana y forma parte de la enzima alfa amilasa. Algunas veces interfiere la capacidad del magnesio para activar enzimas. Se caracteriza por que: 1) Activa la temprana formación y crecimiento de las raicillas. 2) Mejora el vigor general de las plantas. 3) Neutraliza las sustancias tóxicas que producen las plantas. 4) Estimula la producción de semillas. 5) Aumenta el contenido de calcio en la dieta humana y animal.

5. Magnesio

Es parte esencial de la molécula de la clorofila, es necesario para la actividad de muchas enzimas incluyendo aquellos pasos más importantes en la actuación del ATP. Es esencial para mantener la estructura del ribosoma. Se caracteriza porque: 1) Es necesario para la formación de los azúcares. 2) Ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes. 3) Actúa como transportador del fósforo dentro de la planta. 4) Promueve la formación de lípidos y aceites.

6. Hierro

Es necesario para la síntesis de la clorofila y es una parte esencial del fitocromo, el cual actúan como portador de electrones en la fotosíntesis y en la respiración. Forma parte esencial de la ferredoxina, y posiblemente del nitrato reductasa, activando también otras enzimas.

COMPOSICION DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

La composición de una solución nutritiva no solo depende de la concentración individual del nutriente si no también de otros factores unidos al crecimiento tales como el tipo o sistema hidrópico usado, condiciones ambientales (Luz, Temperatura, y Humedad), estación (Fotoperiodo), edad de la planta, la especie y el cultivar que está siendo cultivado. (Furlani, 1997).

Las primeras soluciones nutritivas de Sach y Knop (1865) contenían los siguientes elementos en partes por millón

Ca:244; Mg:24; K:168; N(NO₃):206; P(PO₄):90; S:32; y algunas trazas de hierro (Zapp, 1991).

Las más recientes formulaciones (por ejemplo la de Howard Resh), no se diferencian demasiado de las mezclas realizadas hace 125 años. Contienen una serie de elementos menores desconocidos en 1865 que eran aportados en forma más o menos deficitaria por los contaminantes del agua. Un ejemplo de la solución nutriente sugerida para el medio tropical seco por Howard Resh es la siguiente: valores indicados en partes por millón: Ca:250; Mg:36; K:200; N(NH₄):53; N(NO₃):177; P(PO₄):60; S:124; Fe:0.5; Mn:0.5; Cu:0.03; Zn:0.05; B:0.5; Mo:0.02 y Co:0.01 (Zapp,1991).

Diversas soluciones nutritivas fueron propuestas por varios autores, en algunos casos existen diferencias notables entre las concentraciones de los macronutrientes (N, P, K, Mg, S). En la relación a los micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), también hay diferencias y son consideradas de menor importancia con respecto a los macronutrientes. En general las concentraciones de nutrientes en las soluciones están en el siguiente rango (mg/l): N (70-250); P (15-800); K (150-400); Ca (70-200); Mg (15-80); S (20-200); Fe (0.8 - 6.0); Mn (0.5 - 2.0); B (.01 - 0.5); Cu (0.05 - 0.3); Zn (0.1 - 0.5) y Mo (0.05 - 0.15) (Furlani,1997).

Resh (1996) demostró la analogía entre los nutrientes minerales de las plantas del suelo y del crecimiento hidropónico. La planta hidropónica necesita los mismos nutrientes que un cultivo de producción tradicional. Mientras que en el suelo los nutrientes minerales de las plantas provienen de compuestos orgánicos e inorgánicos del suelo, en la solución nutritiva todos los minerales provienen de sales inorgánicas.

SALES Y FERTILIZANTES USADOS PARA PREPARAR UNA SOLUCION NUTRITIVA

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se le suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la solución nutritiva. La selección de las sales que deberán ser usados depende de un elevado número de factores.

Los diferentes fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad, solamente una pequeña cantidad de ésta se disolverá en el agua (Resh, 1992).

Cualquier sal o fertilizante soluble puede ser usada para una solución nutritiva; estas proveen el nutriente requerido y no llevan elemento dañino alguno para la planta.

También se debería evitar mezclar sales o fertilizantes que promueven reacciones químicas y que llevan a los nutrientes a estar en forma no disponible para la planta (Furlani, 1997).

LA CALIDAD DEL AGUA Y LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Para preparar la solución nutritiva, se debe conocer la calidad del agua que se va a usar. Un análisis químico de ella informa de algún problema, ya sea el contenido de sales o la disponibilidad de nutrientes. Debería ser conocida la cantidad de nutrientes en ella, así como concentración salina. Esto ayuda a formular y más tarde ajustar la solución nutritiva. En casos donde algunos macronutrientes están en cantidades superiores al 25% de los valores sugeridos, las cantidades de sales deberían ser recalculadas y ajustadas. Para ciertos micronutrientes, algunos tipos de aguas contienen suficiente cantidad y ya no es necesario añadir más (Rodríguez, 1995 ; Furlani, 1997).

Para preparar soluciones nutritivas se pueden usar agua que cae dentro de la clasificación de C_1-S_1 y C_2-S_2 , es decir con bajo contenido de sales (C) y de Sodio (S); asimismo, las que tienen clasificación C_3-S_1 ; también se puede usar agua que cae dentro de la clasificación C_1-S_2 y C_2-S_2 pero con ciertas restricciones, principalmente por la presencia de sodio (Rodríguez, 1995).

El cloro es un elemento esencial pero puede resultar tóxico si sobrepasa de un rango óptimo. Se recomienda usar agua con menos de 5.0 mili equivalente (m.e) de cloruro por litro para evitar que las plantas sean afectadas, sobre todo cuando el sodio este presente en cantidades apreciables. Esta referencia nos podrá explicar porqué no se recomienda usar fertilizantes que contienen cloro para preparar una solución nutritiva, el cloruro de potasio o cloruro de magnesio, o cloruro de calcio, pero deberá solo utilizarse solamente si no está presente en la solución de nutrientes NaCl (Rodríguez, 1995; Resh, 1992).

La calidad del agua también dependerá del contenido de boro; cultivos sensibles al boro son afectados por toxicidad cuando el agua contiene 0.7 ppm (partes por millón, es 0.7 mg por litro de agua). Cultivos como la papa, espárragos, alfalfa, lechuga son tolerantes a este elemento (Rodríguez, 1995).

Es preferible que el agua este libre y que contenga bajas concentraciones de (CO_2) y bicarbonatos (HCO_3). En aguas con alto contenido de carbonatos y bicarbonatos,

el calcio, magnesio, hierro y manganeso tienden a precipitar y, por lo tanto no están disponibles para las plantas, reflejándose sus respectivas deficiencias. Son adecuadas las aguas que contienen menos de 5.0 me de HCO_3/l .

Los criterios que se usan para determinar si el agua es buena o no, son los siguientes:

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (C.E) se expresa en mili Siemens (mS) ó en mili Mhos por centímetro (mMhos/cm) y nos da una idea del contenido de sales que contiene el agua o la solución nutritiva. El agua ideal para hidroponía debería tener baja concentración de sales (conductividad eléctrica menor de 0.5 mS/cm) y ser potable. Aunque también se puede usar agua de salinidad media a ligeramente alta (1.00 a 2.00 mMhos/cm). La conductividad eléctrica de la solución nutritiva sugerida está alrededor de 2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ó 2.0 mS ó 1,280 ppm (640 ppm = 1,000 μS), aunque se pueden encontrar pequeñas variaciones. En el caso de usar soluciones nutritivas con C.E en el rango de 1.0 a 1.5 mS/cm (recomendables en época de verano y para regiones más cálidas), debe multiplicarse las cantidades de sales con macronutrientes por 0.5 y 0.75 respectivamente. La cantidad de micronutrientes deben permanecer iguales a la fórmula original.

Es importante medir siempre la C.E de la solución nutritiva, por lo menos cada 15 días en invierno y semanalmente en época de verano (Rodríguez, 1995 ; Furlani, 1997).

PH

El pH nos permite tener una idea del grado de disponibilidad de los diferentes nutrientes minerales, que existen en la solución nutritiva. Se medirá en acidez o alcalinidad. Rangos entre 4.5 y 7.5 son aceptables, sin ningún problema nutricional para las plantas. Las variaciones usuales que ocurren en las soluciones nutritivas reflejan absorción diferencial de aniones y cationes. Cuando el pH alcanza valores mayores a 6.5, se presentarán probables síntomas de deficiencia de Fe y Mn (amarillamiento de hojas); y el uso de una base fuerte como el hidróxido de amonio o el hidróxido de potasio aumenta el pH, y el uso de un ácido fuerte (ácido sulfúrico, fosfórico o nítrico) para disminuir el pH.

2.1.4 ANALISIS QUIMICO DE PLANTAS

Las necesidades de cualquier planta son determinadas por la cantidad de nutrientes extraída del suelo durante su desarrollo fisiológico.

La extracción total se manifestará principalmente en la concentración de nutrientes en el fruto o follaje. El conocimiento del estado nutricional de la planta requiere determinar la parte de la planta y el momento de la vida de ésta en que existe mayor correlación entre el nivel de nutrientes de la parte elegida para el análisis y el rendimiento. De este modo es posible conocer si es que existe deficiencia de algún nutriente.

El resultado de los análisis foliares pueden utilizarse teniendo en cuenta varios objetivos. El más frecuente de ellos es la verificación de los síntomas o deficiencia de nutrientes. Sin embargo, el uso más importante de los resultados del análisis foliar es el de determinar si el nivel de fertilidad del suelo es suficiente para cubrir las necesidades del cultivo (Tomassini,1994).

MUESTREO

El valor de interpretación de un análisis de plantas no es lo mejor si no se ha tomado cuidado en la recolección, manipuleo y preparación de la muestra.

Errores cometidos en estas fases pueden resultar y dar lugar a interpretaciones y recomendaciones equivocadas, el cual puede causar desastre al agricultor, por lo tanto es importante familiarizar a aquellos que emplean el análisis de plantas con las recomendaciones en el manipuleo y el proceso de análisis.

Obtener una muestra representativa de un cultivo en particular es un problema complejo y se requiere conocimiento y experiencia antes de hacer una prueba.

VARIACION DE NUTRIENTES

La composición de nutrientes de una especie de planta no es fijo, este varía de mes a mes, o de hora a hora, durante el día, dependiendo del tipo de suelo en el cual se desarrolla, se debe definir una parte específica de la planta cuando se muestrea. Frecuentemente la muestra foliar se tomará sobre la base de la edad fisiológica. En general los tejidos jóvenes sufren cambios rápidos en su composición nutricional y no deben muestrearse.

La parte de la planta seleccionada y la época de muestreo debe corresponder a la mejor relación que existe entre la concentración de nutrientes y rendimiento. Frecuentemente un único muestreo de una parte de la planta no es apropiado para todos los elementos.

TECNICAS DE MUESTREO

Es mejor tomar las muestras durante un tiempo calmado del día. Se debe tener mucho cuidado cuando se está seleccionando una parte específica de la planta para hacer un muestreo, puesto que hay grandes variaciones de concentraciones de nutrientes entre las diferentes partes de la planta.

En general, las hojas maduras son recolectadas preferentemente debajo de la punta sobre la rama principal y peciolo en crecimiento. El muestreo normalmente es recomendable justo antes ó en la misma época que esta empezando a producir, aunque los procedimientos de muestreo pueden efectuarse para otras porciones de la planta, durante el ciclo de crecimiento no es recomendable tomar muestras cuando una parte de la planta está cubierta por polvo, dañado por insectos, dañado mecánicamente o enfermos; los tejidos muertos de la planta no deberán ser incluidos en la colección de muestras. Las semillas no son usadas normalmente para evaluar el estado nutricional de la planta.

PREPARACION DE MUESTRAS

Después del muestreo, el material de la planta es sometido a un tratamiento de preparación antes del análisis.

- Lavado del material para remover la contaminación superficial
- Secado para detener la reacción enzimática y preparar el material para la molienda
- Molienda mecánica para reducir el material a una finura apropiada
- Secado final para un peso constante y obtener un valor estandarizado, sobre el cual se basa el cálculo analítico.

SECADO

Después del lavado, las muestras deben ser secadas lo más rápidamente posible con el objeto de minimizar los cambios químicos. Si el secado es hecho con un retraso indebido, considerables pérdidas de peso seco pueden ocurrir debido a la respiración al

momento que las proteínas son quebradas bajo simple composición nitrogenada, también temperaturas altas pueden afectar el peso seco. Se recomienda secar las plantas a la temperatura de 65 °C por 24 horas antes del análisis, luego enfriar en un desecador.

ANALISIS DE LABORATORIO

Hay numerosos métodos desarrollados para análisis de tejidos de plantas. La mayoría de los procedimientos incluye la calcinación para destruir el componente orgánico liberando varios elementos para el análisis; algunos investigadores proponen el uso de procedimientos de extracción, usando muestras secas y molidas, pero estas técnicas han sido desarrolladas sólo para unos cuantos cultivos y elementos.

3. MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el periodo de Noviembre de 1996 a Agosto de 1997, en un tinglado en el Asentamiento Humano Comité 31 del Distrito de Carabayllo, que está ubicado a la altura del Km 21 de la autopista Lima-Canta.

3.1 MATERIALES

Material vegetal

Se utilizó 208 plántulas de "fresa" libre de virus propagadas por cultivo *in vitro*, obtenidas en el Centro de Investigación Hortícola "Kiyotada Miyagawa" de Huaral.

Materiales y equipos de laboratorio.

Una probeta de 1000 ml, una probeta de 500 ml, una probeta de 10 ml, cuatro beakers de 100 ml, un beaker de 1000 ml, un embudo de plástico, una balanza de precisión, un potenciómetro digital, un conductímetro digital, un termómetro y una estufa.

Fertilizantes y otros reactivos

Superfosfato triple agrícola, superfosfato simple agrícola, nitrato de amonio agrícola, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, ácido bórico, cloruro de calcio, micro nutrientes "fertilom-combi, ácido clorhídrico 1N, hidróxido de sodio 1N, "lejía" (hipoclorito de sodio), agua destilada.

Materiales para acondicionar el experimento

Para delimitar la zona de experimentación se usó 50 m² de malla cobertor de nylon, catorce esteras, treinta parantes de madera de 2.5 m de altura, dos bisagras, un candado.

Para la construcción y acondicionamiento de las camas de cultivo se utilizaron, plástico de polietileno color negro de 0.15 mm de espesor, estacas de madera, barillas de fierro de construcción de 60 cm de largo, alambre galvanizado de 16 mm de grosor, manguerita de 10 mm de diámetro, cuatro m³ de hormigón de río, un engrapador, una

tijera, una cinta métrica, un nivel, botellas de plástico, etiquetas, plumones de tinta indeleble. Mientras que para el mantenimiento de las plantas se requirió adicionalmente tres fuentes de plástico, una regadera, un pulverizador.

Materiales para la toma de información de campo

Balanza, bandejas, tijeras, regla, hilos de nylon de colores para marcar las flores, libreta de apuntes, bolsas de plástico, bolsas de papel, marcadores.

Materiales para la cuantificación de azúcares reductores

Reactivos de Fehling A, Fehling B, hidróxido de sodio, solución de azul de metileno al 1%, solución neutralizante, ácido sulfúrico concentrado, glucosa, agua destilada, embudo de vidrio, fiola, erlenmeyer, probeta, bureta, trípode, mechero de alcohol, pizeta, estufa, mortero, soporte universal, papel filtro, papel aluminio, muestras seca de frutos de fresa. Fig 11.

Materiales para determinar el pH de los frutos

Centrífuga, beaker, agua destilada, potenciómetro.

3.2. METODOS

3.2.1 METODOS APLICADOS EN LA PREPARACION Y MANTENIMIENTO

Preparación del sustrato

Se separó del hormigón de río, la gravilla, el cual fue usado como sustrato en el experimento, para ello se utilizó una malla para cernir de 1/8" de abertura. Se lavó con abundante agua y desinfectó con solución de lejía al 1% por 2 horas.

Construcción de camas de cultivo

Primero se niveló el suelo dándole una inclinación de 5%. Luego se trazó las parcelas (2.00 m de largo, 0.50 m de ancho) según el diseño.

A continuación se clavaron las estacas y las barillas de fierro en el piso. Se usó 10 estacas por cama de cultivo y con el alambre galvanizado se aseguró todo el perímetro. Luego se extendió el plástico sobre el piso, se dobló en las esquinas y en todo el perímetro y se aseguró con grapas. Luego en uno de los extremos se hizo un agujero donde se colocó la manguerita de drenaje, en seguida se llenó con el sustrato hasta los 2/3 de altura (15 cm).

Se realizó una prueba para evaluar el funcionamiento del drenaje; y se rotularon los tratamientos. Ver Fig 4.

Transplante y establecimiento de las plántulas

Se transplantaron 16 plántulas por cada parcela (cama de cultivo), la distancia entre surcos fue 0.30 m y entre las plantas fue de 0.25 m. Ver Fig 5

Preparación de Soluciones Nutritivas

Las sales nutritivas (fertilizantes) se pesaron con una balanza de precisión en el laboratorio según las concentraciones correspondientes para cada elemento esencial en prueba. Se disolvieron en recipientes por separado y luego se mezclaron. La solución que se obtuvo era 50 veces concentrada.

Luego se registró las medidas de pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva preparada.

Ciclo de riego de las plantas

Durante los 21 días luego de transplantadas las plantas fueron regadas con agua solamente hasta lograr el enraizamiento de las plántulas sobre el sustrato.

Luego se empezó a regar con las soluciones nutritivas según el tratamiento. Durante la estación de verano, el riego se realizó por 3 días consecutivos con las soluciones nutritivas y el cuarto día solamente con agua potable para solubilizar las sales que puedan estar acumuladas y ser tóxicas a las plantas; el volumen de solución nutritiva usado fue de 4 litros por cada parcela en los tratamientos.

Mientras que durante los meses de invierno se regó con las soluciones nutritivas por 4 días consecutivos y el cuarto día con agua potable. El volumen de solución nutritiva usada fue de 3 litros por cada parcela en los tratamientos.

Además cada 15 días se tomaron medidas del pH y la conductividad eléctrica de la solución en los recipientes de drenaje.

Condiciones del cultivo

Durante el periodo de cultivo de las plantas la temperatura fluctuó de 14.1 °C a 25.6 °C, la humedad relativa tuvo un promedio de 76 %. Ver Fig 12..

Medición del contenido de agua en sustrato saturado

Se tomó una muestra de la gravilla, se secó en la estufa a una temperatura de 80°C por 24 horas y luego se siguió el siguiente procedimiento:

- Se pesó una muestra del sustrato y se colocó en una probeta de 1l registrando el volumen ocupado por la muestra esto corresponde al volumen total (volumen del sustrato más el volumen de los poros) (v_t).
- Luego se añadió 0.50 l de agua y se tomó la medida de aumento del volumen ocasionado por la presencia de la grava fina y así determinamos el volumen del sustrato contenido en la probeta (v_s).
- El contenido de agua en la grava fina se obtuvo por diferencia entre el volumen total (v_t) y el volumen del sustrato (v_s). Con este dato se calculó el volumen de agua de riego para las camas de siembra, tomando en cuenta las condiciones climáticas (particularmente temperatura) y la edad de la planta.

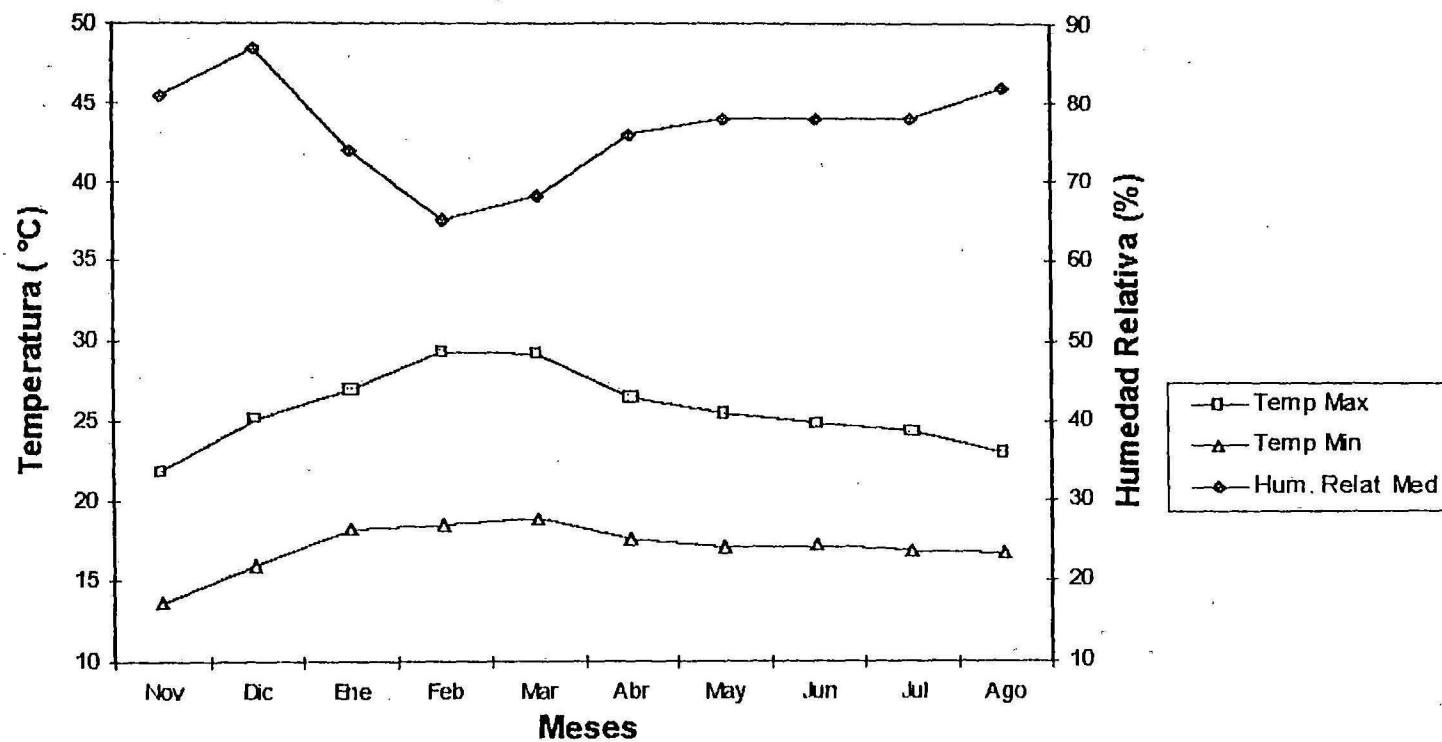


Fig 12. Fluctuación de la Temperatura mínima, máxima y Humedad relativa media mensual, durante el desarrollo del experimento (Nov. de 1996 – Ago. de 1997). Datos obtenidos de la Estación Meteorológica de Huarangal, Carabayllo, Lat. : $11^{\circ} 48' "S$, Long. : $77^{\circ} 1' "W$.

3.2.2 MÉTODOS APLICADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ETAPA VEGETATIVA DE LA PLANTA

Tratamientos

En esta etapa se probaron 2 fórmulas de soluciones nutritivas, tratamiento T1 y tratamiento T2 cada una con una combinación de nitrógeno y potasio diferente.

La concentración de los principales elementos mayores (o macronutrientes) en los tratamientos fueron:

Tratamiento	Nutriente (en ppm)				
	N	P	K	Mg	Ca
T1	200	35	250	50	180
T2	250	35	300	50	180

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICOS

El experimento tuvo 2 bloques. En cada bloque los tratamientos, T1 y T2, tenían 3 repeticiones haciendo un total de 12 parcelas para todo el experimento. Ver Fig 1

Cada parcela (camas de cultivo) tuvo una dimensión de 2 metros de largo, 0.50 metros de ancho y 0.15 metros de alto.

En cada parcela se trasplantaron 16 plántulas de fresa con una separación de 0.30 metros entre surcos y 0.25 metros entre las plantas sobre el surco. Ver Figura 2 y Fig 4

Cabe señalar que la densidad de plantas/ m² es mayor. Adicionalmente se tuvo una parcela para referencia donde se siguió el mismo procedimiento indicado arriba con la diferencia de que sólo se regó con agua potable. Esta parcela sirvió como control.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa MSTAT- C de la Universidad de Michigan (1989). Por cada muestreo, los datos fueron analizados usando análisis de varianza. En los parámetros en la que se encontraron diferencias

significativas se realizó la prueba de separación de medias con la prueba del rango múltiple de Duncan.

PREPARACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

Antes de la preparación de las soluciones nutritivas se procedió a realizar el análisis del agua que se usaría para determinar su contenido químico y el aporte que brindaría a las soluciones nutritivas. Ver Cuadro 1.

A fin de brindar los elementos a evaluar (N, P, K) en las concentraciones indicadas se hicieron los cálculos en base a los fertilizantes señalados en el Cuadro 2.

En cuanto al Calcio, Magnesio, Hierro y Boro, estos se brindaron en las siguientes concentraciones 180, 50, 2 y 0.5 ppm respectivamente haciendo uso de fertilizantes (Cuadro 2).

Luego de preparadas las soluciones nutritivas de la etapa vegetativa fueron llevadas al laboratorio de suelos y fertilizantes de la E. E Donoso de Huaral para su análisis y verificación de la concentración de sus componentes.

Los resultados permitieron realizar las correcciones necesarias ya que los cálculos teóricos no necesariamente coincidían con los análisis químicos. Esto se debía principalmente a la mala calidad o a la pureza de los fertilizantes.

EVALUACION

Durante esta etapa se tomaron muestras al final del segundo y el tercer mes después de iniciado los tratamientos Ver Fig 6; para el parámetro altura se evaluó en la mitad y al finalizar el experimento. El muestreo fue al azar retirándose 6 plantas de cada tratamiento.

Se evaluaron los siguientes parámetros: número de hojas, altura de la planta, número de ramas (llamada también coronas secundarias), número de raíces secundarias, área foliar, peso fresco y peso seco de las hojas y de las raíces. Estos parámetros también se siguieron evaluando en la etapa de floración y de fructificación de la planta. Ver Fig 7 y Fig. 8.

Altura de la planta

La altura de la planta se tomó desde la base de la planta (superficie del suelo) hasta la altura que alcanza la rama más larga.

Número de raíces secundarias

Para la evaluación del número de raíces secundarias se tomó en cuenta las raíces que tenían una coloración marrón claro (saludables), no se contaron las raíces que emergían a partir de estas.

Número de hojas

Se consideró aquellas hojas completamente verdes dejando de lado aquellas comidas por insectos u hojas secas.

Peso fresco de hojas y raíces (g/ planta)

Tomada la muestra de plantas, estas fueron introducidas en bolsas de plástico y selladas hasta llegar al laboratorio donde se procedió a cortar y separar los órganos de la planta (láminas de la hoja, peciolo y raíces) y de inmediato se pesó.

Peso seco de hojas y raíces (g/ planta)

Las muestras de hojas y raíces se colocaron en sobres de papel, se rotularon y fueron secadas en la estufa a 65 °C hasta peso constante (aproximadamente por 48h). Luego las muestras se colocaron en una campana con deshumecedor de sílica gel hasta que se enfriaran, evitando de esta manera que tomen la humedad del ambiente. De inmediato se pesaron.

Medición del área foliar (cm²/planta)

Para determinar este parámetro se usó el **método gravimétrico**. (Séstak, Catsky and Jarvis, 1971 ; Chira, 1984 ; Otárola, 1993).

Para ello en la primera fecha de muestreo se tomaron láminas de hojas pequeñas, medianas y grandes cuyas siluetas se dibujaron sobre papel. Luego se recortó las siluetas de las hojas y se pesaron. El área de las láminas de las hojas se determinaron a través de las siluetas, para ello se relacionó mediante una regresión lineal, el peso de estas siluetas (X) con el peso de áreas conocidas (Y) en el mismo tipo de papel (se usó

recortes de 1, 2.25, 4, 6.25, 9, 12.25, 36, 49, 64, 81 y 100cm²). Posteriormente se secaron las láminas de las hojas para determinar su peso seco.

Los datos de área foliar y peso seco de las láminas permitieron establecer la ecuación de regresión para que en los muestreos posteriores a partir del peso seco de las láminas se determinara el área foliar.

3.2.3 MÉTODOS APLICADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ETAPA DE FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DE LA PLANTA

Tratamientos

En la etapa de floración y fructificación se evaluaron 3 tratamientos. El experimento tuvo 2 bloques, en cada bloque 2 repeticiones por tratamiento. Ver Fig.3 La evaluación de la parte vegetativa de la planta se realizó por el método destructivo. Para la cosecha de los frutos, estos se retiraron de todas las plantas que lo presentaban, sin destrucción de las mismas.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento	Nutrientes (en ppm)					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe
T1	100	40	200	200	70	2.5
T2	150	40	250	200	70	2.5
T3	200	40	300	200	70	2.5

Estos tratamientos fueron aplicados sobre los tratamientos de la etapa vegetativa del cultivo obteniéndose las siguientes combinaciones para los elementos N, P, K:

Parcela	Tratamientos		Concentraciones (ppm)					
	Etap.Veget	Etap.Reprod	E.Vegetativa			E.Reproductiva		
			N	P	K	N	P	K
1	T1	T1	200	35	250	100	40	200
2	T2	T1	250	35	300	100	40	200
3	T1	T1	200	35	250	100	40	200
4	T2	T1	250	35	300	100	40	200
5	T1	T2	200	35	250	150	40	250
6	T2	T2	250	35	300	150	40	250
7	T1	T2	200	35	250	150	40	250
8	T2	T2	250	35	300	150	40	250
9	T1	T3	200	35	250	200	40	300
10	T2	T3	250	35	300	200	40	300
11	T1	T3	200	35	250	200	40	300
12	T2	T3	250	35	300	200	40	300

PREPARACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

Con los resultados del análisis del agua obtenido se procedió a realizar los cálculos y la preparación de las soluciones nutritivas para esta etapa.

Durante la etapa de floración y fructificación la concentración del fósforo, calcio, magnesio fue aumentada ligeramente con respecto a la etapa vegetativa, pero las proporciones de las concentraciones fueron iguales para todos los tratamientos.

A fin de brindar los elementos a evaluar (N, P, K) en las concentraciones indicadas se hicieron los cálculos en base a los fertilizantes señalados en el Cuadro 3.

En cuanto al Calcio, Magnesio, Hierro y Boro, estos se brindaron en las siguientes concentraciones 200, 70, 2.5 y 0.5 ppm respectivamente haciendo uso de fertilizantes (Cuadro 3).

Luego de preparadas las soluciones nutritivas de la etapa reproductora fueron llevadas al laboratorio de suelos y fertilizantes de la E. E. Donoso de Huaral para su análisis y verificación de la concentración de sus componentes.

Los resultados permitieron realizar las correcciones necesarias ya que los cálculos teóricos no necesariamente coincidían con los análisis químicos. Esto se debía principalmente a la mala calidad o pureza de los fertilizantes.

EVALUACION

En esta etapa los muestreos para la evaluación se realizaron al cuarto, quinto, y el séptimo mes.

Adicionalmente a los parámetros evaluados en la etapa vegetativa se evaluaron los siguientes parámetros:

Número de flores por planta

Las plantas en la parcela fueron identificadas con un código y el número de flores por planta fueron contado semanalmente durante un período de dos meses y medio, tiempo que duró la cosecha de los frutos. Esta evaluación permitió conocer cuantas flores no llegaron a fructificar.

Número de frutos por planta

Este parámetro fue evaluado dos veces por semana, desde el inicio hasta el término de la cosecha de los frutos en cada tratamiento. Ver Fig. 9

Peso de frutos por planta

Este parámetro se obtuvo acumulando los pesos de los frutos cosechados desde el inicio hasta el término en cada planta por tratamiento. Ver Fig. 9 y Fig. 10

Porcentaje de azúcares reductores del fruto

El método seguido para esta determinación fue por el Método de Fehling. Se fundamenta en que los monosacáridos y algunos disacáridos pueden volverse en azúcares reductores al ser hidrolizados en medio ácido. La determinación se basa en la reducción del cobre; el hidróxido de cobre se transforma en óxido cuproso formando un precipitado rojo. La cantidad de cobre reducida está en relación por la cantidad de azúcar reductor. En esta determinación el azúcar está expresado en forma de glucosa (Valderrama, 1976).

Se pesa un gramo de muestra seca previamente molida, lo que se coloca en un matraz de erlenmeyer de 200 ml donde se añade 80 ml de agua destilada, más medio mililitro de ácido sulfúrico concentrado. Someter a ebullición el conjunto en una hornilla a calor lento, añadiendo agua destilada para compensar la evaporación y mantener el nivel del mismo. Esta operación dura 30 minutos. Transcurrido este tiempo se deja enfriar el conjunto para luego añadir 5 ml de solución neutralizante, seguidamente sé afora el conjunto a 100 ml.

La solución hidrolizada contenida en el erlenmeyer se filtra a otro matraz. Esta solución neutralizada y filtrada se carga en una bureta de 100 ml para luego dejar caer gota a gota sobre un erlenmeyer de 50 ml que contiene 1 ml de Fehling A y 1 ml de Fehling B los que se encuentran en plena ebullición gracias a un mechero de alcohol, esta solución adquiere una coloración rojo ladrillo con ribetes de azul del cobre, en este momento se añaden dos gotas del indicador (azul de metileno); adquiriendo el conjunto un color azul; se sigue añadiendo el contenido de la bureta gota a gota, manteniendo la ebullición y agitando constantemente hasta que desaparezca el color azul y se torne en rojo ladrillo, terminando así el proceso. Luego se lee en la bureta los mililitros de solución problema gastados.

Titulación de la solución patrón de glucosa

Se pesa 0.2 g de glucosa, colocando en un erlenmeyer de 200 ml con 100 ml de agua destilada. Esta solución se carga a la bureta y se procede a la titulación exactamente igual a la de la solución problema. Indicaremos que para cada milímetro gastado en esta titulación corresponde 2 mg de glucosa.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los datos obtenidos en los muestreos, durante la etapa vegetativa y reproductiva, así como los análisis estadísticos de los mismos.

Los datos que se presentan para la etapa reproductiva (a partir del tercer muestreo al quinto muestreo) se refieren solamente a los 3 tratamientos aplicados en esta etapa, no se tuvo en cuenta el tipo de tratamiento recibido durante la etapa vegetativa ya que se encontró, que la diferencia entre estos no fueron significativas.

4.1 EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO

ALTURA

Al analizar estadísticamente este parámetro en el segundo y el quinto muestreo se encontró diferencias significativas entre los tratamientos. De la prueba de Duncan se puede ver que los Tratamientos 2 y 3 tienen entre sí la misma altura pero son mayores que el Tratamiento 1 (Ver cuadro 4 y cuadro 5).

NUMERO DE HOJAS

En la evaluación de este parámetro sólo se observó que las diferencias entre los tratamientos son significativas al 5% en el primer muestreo. La prueba de Duncan aplicado al quinto muestreo indica que el mejor valor es el obtenido en el tratamiento 3 (38 hojas/planta). Ver cuadro 4.

Se evaluó asimismo el número de coronas secundarias durante todo el experimento no encontrándose diferencias significativas. (Figuras 7 y 8)

PESO FRESCO DE LA LAMINA DE LA HOJA

El peso fresco de la lámina de la hoja evaluada durante la fase vegetativa realizadas no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Pero en el quinto muestreo (etapa de floración y fructificación) si lo fueron. El tratamiento que alcanzó el mayor valor fue el tratamiento 3 (40 g/planta). Ver Cuadro 4 y Fig. 15.

PESO SECO DE LA LAMINAS DE LA HOJA

El peso seco de la lámina de las hojas obtenidas en los tratamientos durante la etapa vegetativa de la planta no fueron diferentes estadísticamente. Pero en el quinto muestreo (etapa de floración y fructificación) se observó que sí lo fueron. El tratamiento 3 tuvo el mayor valor (10.1 g/ planta). Ver Cuadro 4 y Fig. 15.

AREA FOLIAR

No se encontró diferencias significativas para este parámetro durante la etapa vegetativa. En la etapa de floración y fructificación se observó diferencias significativas entre los tratamientos en el último muestreo, obteniéndose el más alto valor para el Tratamiento 3 (1603.7 cm²/planta). Ver Cuadros 4 y 10.

PESO FRESCO DEL PECIOLO DE LA HOJA

Durante la etapa vegetativa de la planta, se observó que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para el peso fresco del peciolo de la hoja mientras que en el quinto muestreo (etapa de floración y fructificación) lo fueron. Al igual que en el parámetro anterior, el tratamiento 3 fue el que alcanzó el mayor valor (30.2 g/ planta). (Ver cuadro 4).

PESO SECO DEL PECIOLO DE LA HOJA

Los análisis estadísticos realizados a este parámetro mostraron que no existen diferencias significativas en ninguno de los muestreos realizados durante todo el período de cultivo de la planta (Cuadro 4).

NUMERO DE RAICES SECUNDARIAS

El número de raíces secundarias por planta se incrementó de 35 en el primer muestreo hasta 114 en el último. Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos durante el primer muestreo pero en los demás muestreos no lo fueron, el tratamiento 1 tuvo el mayor número (38 raíces/planta). Ver Cuadro 4.

PESO FRESCO DE RAICES SECUNDARIAS

Durante la etapa vegetativa de la planta se observó que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para el peso fresco de raíces secundarias mientras que en el cuarto muestreo (etapa de floración y fructificación) si lo fueron siendo el tratamiento 3 el que alcanzó el mayor valor (37.3 g/ planta). Ver Cuadro 4.

PESO SECO DE RAICES SECUNDARIAS

Los análisis estadísticos realizados a este parámetro mostraron diferencias significativas en el cuarto muestreo, en los demás muestreos no la fueron, siendo el tratamiento 3 el que alcanzó el más alto valor (6.8 g/ planta). Ver Cuadro 4.

PESO FRESCO TOTAL

El peso fresco total obtenido en los tratamientos durante la etapa vegetativa de la planta no tuvo diferencias significativas. Pero en el quinto muestreo (etapa de floración y fructificación) se observó que sí lo fueron. El tratamiento 3 tuvo el mayor valor (94.52 g/ planta). Ver Cuadros 4 y 10.

PESO SECO TOTAL

Para este parámetro se observa que durante la fase vegetativa las diferencias entre los tratamientos estadísticamente no son significativas, en el quinto muestreo (etapa de floración y fructificación) se observó que si lo fueron el tratamiento 3 obtuvo el mayor valor (21.8 g/ planta). Ver Cuadro 4.

NUMERO DE FLORES

Para este parámetro evaluado al término de la etapa de floración, las diferencias entre los tratamientos son significativas. La prueba de Duncan muestra que el Tratamiento 3 da el más alto valor siendo diferente que el valor obtenido para el Tratamiento 2 y este mejor que el Tratamiento 1 (Ver Cuadro 5 y Fig. 13).

NUMERO DE INFRUTESCENCIAS

Al igual que en el parámetro anterior el número de infrutescencias fue evaluado al final del experimento. Se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. La prueba de Duncan muestra que el Tratamiento 3 da el más alto valor siendo diferente que el valor obtenido para el Tratamiento 2 y este a su vez es mayor que el Tratamiento 1. Los valores obtenidos fueron respectivamente: 25, 21 y 12 frutos/ planta. (Ver Cuadro 5, Figuras 10 y 13).

PESO DE LAS INFRUTESCENCIAS

Se encontró diferencias altamente significativas para los tratamientos aplicados, (T1, T2 y T3). La prueba de rango múltiple de Duncan muestra que el Tratamiento 3 da el más alto valor que los obtenidos en los otros Tratamientos. Los valores obtenidos fueron respectivamente 200.32, 322.20 y 411.00 g / planta. (Ver Cuadro 5 y la Fig. 14).

4.2 CARACTERIZACION DE LAS INFRUTESCENCIAS

PORCENTAJE DE AZUCARES REDUCTORES DE LAS INFRUTESCENCIAS

Este parámetro fue analizado al término del experimento (quinto muestreo) en los 3 tratamientos además se incluyó los frutos obtenidos en el tratamiento denominado Control. Los valores encontrados fueron estadísticamente significativos. Al aplicar la prueba de rango múltiple de Duncan se encontró que el control tiene el más alto valor, siendo diferente que el valor obtenido para los tratamientos 1, 2 y 3. Los valores obtenidos fueron respectivamente: 3.58%, 24.4%, 21.82% y 18.62% (Ver Cuadro 6).

pH DE LAS INFRUTESCENCIAS

Los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre los tratamientos 1, 2, 3 y el control (Ver Cuadro 6).

4.3 ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS PLANTAS

El análisis químico de las plantas se llevó acabo en el laboratorio de suelos y fertilizantes de la Estación Experimental Centro de Investigación Hortícola "Kiyotada Miyagawa", Huaral.

DETERMINACION DEL NITROGENO

Para este elemento no se encontró diferencias significativas en las evaluaciones realizadas a nivel de la hoja ni cuando se analizó en toda la planta (Ver Cuadros 7 y 8).

DETERMINACION DEL FOSFORO

Al analizar el contenido de fósforo en la planta se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en el tercer muestreo. En los demás fechas de muestreo no se encontró diferencias. (Cuadros 7 y 8).

En las hojas no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 7).

DETERMINACION DEL POTASIO

Al realizar el análisis estadístico del contenido de potasio en cada fecha de muestreo no se encontró diferencias significativas en las evaluaciones realizadas a nivel de la hoja ni cuando se analizó en toda la planta (Ver Cuadros 7 y 8).

DETERMINACION DEL CALCIO

Al analizar el contenido de calcio a nivel de la planta no se encontró diferencias significativas. En las hojas se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos en el primer muestreo (Cuadros 7 y 8).

DETERMINACION DEL MAGNESIO

Del análisis estadístico del contenido de magnesio por planta se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en el primer muestreo.

DETERMINACION DEL HIERRO

Del análisis estadístico del contenido químico de hierro por planta se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en el cuarto muestreo, (Ver Cuadros 8 y 9). A nivel foliar no se encontró se encontró diferencias significativas (Cuadro 7).

Se observó que en el primer muestreo los valores son menores con una tendencia a aumentar hasta el tercer muestreo, luego muestra un ligero descenso al final del cultivo coincidiendo con el inicio de la floración.

5. DISCUSION

5.1 EVALUACIONES DURANTE EL PERIODO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS

En cuanto a la altura de la planta se observó que los tratamientos 2 y 3 (150-40-250 y 200-40-300) no presentaron diferencias entre sí (17.73 y 17.97 cm respectivamente) pero si mayores valores que tratamiento 1 (100-40-200) estos resultados estarían relacionados con mayores dosis de concentración de los elementos esenciales aplicados. Resultados Similares obtiene Otárola (1993) al evaluar el efecto de 4 niveles de fertilización de N, P, K bajo condiciones de campo y sin la aplicación de fertilización foliar evaluadas en la fresa con el cultivar "tufts" obtiene un incremento de la altura al incrementar la dosis de fertilización de N, P, K.

Las plantas recibieron en la etapa vegetativa mayores niveles de nitrógeno que en la etapa reproductiva ya que es reconocida la conveniencia de lograr un buen desarrollo de las plantas durante esta etapa. Así Franciosi (1974) sostiene que el crecimiento de brotes y follajes de la fresa en el campo se debe a adecuadas cantidades de nitrógeno en los primeros meses. Esto es corroborado por Waltman (1951) citado por Yañez (1981) quien aduce que la aplicación del nitrógeno en la época de crecimiento vegetativo aumenta el vigor de las plantas e induce un mayor número de hojas de gran tamaño. En el presente experimento se encontró diferencias en cuanto al número de hojas en el quinto muestreo donde el tratamiento 3 presentaba un mayor número, esto podría haber contribuido a que la planta presente mayores número de frutos y peso de estos.

El número de raíces secundarias incrementaron con las fechas de muestreo (35 en el primer muestreo y en el quinto muestreo 105) para el tratamiento 2. Durante la etapa reproductiva no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, pero el tratamiento 3 dio un mejor promedio lo que indicaría que la aplicación de mayores dosis de elementos esenciales en la planta incrementa el mayor número de raíces en la planta.

En los cuatro primeros muestreos no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el peso fresco y seco total de la planta pero en el quinto muestreo (etapa de floración y fructificación) si hubieron. Puede tener relación con la presencia de flores y el desarrollo de los frutos los que estarían afectando la tasa de

fotosíntesis y por lo tanto la acumulación de la materia seca. Considerando que los valores para el peso fresco y seco total de la planta no incluyen las flores ni frutos se puede afirmar que el desarrollo de las flores a frutos induce a una mayor desarrollo de la parte vegetativa de la planta lo cual se ve corroborada con la mayor área foliar encontrada. Asimismo en cuanto al área foliar se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en el quinto muestreo (etapa de floración y fructificación) en la que el tratamiento 3 alcanzó el mayor valor 1603.7 cm² por planta.

El número de infrutescencias obtenidas en el tratamiento 3 fue de 25 frutos/planta y el tamaño de los mismos fueron similares, este valor es menor al obtenido en el campo por ejemplo (Otarola,1993) pero su peso es superior, obtiene 37 frutos/planta en el cultivar "tufts."

El peso total de infrutescencias que se obtuvo en el tratamiento 3 fue el mayor valor (411 g/planta), no muy diferente a lo obtenido por Resh (1997) al evaluar este parámetro en plantas cultivadas en columnas verticales (sistema hidróponico más productivo) quien encontró valores de rendimiento entre 500 a 900 g/planta en las variedades "Chandler" y "Sweet charlie" para las condiciones de Bogotá.

Hochmuth (1996) sostiene que los requerimientos de nitrógeno para fresa bajo sus condiciones de cultivo están en el rango de 0.28 a 0.56 kg de N/ha⁻¹.d⁻¹ para la estación no teniendo ningún efecto una alta tasa de nitrógeno en los rendimientos de frutos comerciales. En este experimento encontramos que la variedad evaluada responde a dosis mayores de nitrógeno, aunque no se discriminó entre fruto comercial y no comerciales.

Con respecto al contenido de azúcares reductores en los frutos se encontró que en la parcela que fue regada sólo con agua potable a la que se denominó "control" tuvo el mayor valor (43.58%). El contenido de azúcares reductores no se incrementó en los tratamientos ya que no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Este bajo nivel del contenido de azúcares en los tratamientos aplicados estaría relacionado con altas concentraciones de la relación N/K. (Malavolta,1994).

5.2 ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS PLANTAS

En cada fecha evaluada, las diferencias entre los tratamientos en cuanto al contenido de nitrógeno no fueron significativas tanto cuando se analiza en las hojas y en toda la planta (no incluye frutos). Pero conforme pasan los meses se observa en todos los tratamientos la tendencia de que las concentraciones disminuyan ligeramente hasta llegar al quinto muestreo; esto se debería a que en la etapa de fructificación y en la cosecha el nitrógeno es traslocado hacia los frutos.

Los valores obtenidos en el último muestreo que corresponde a la etapa de fructificación se hallan dentro del rango que señala Castillo (1993) quien trabajando en fresa cultivar "Chandler" bajo condiciones de campo obtuvo la concentración de nitrógeno foliar dentro del rango de 3.49% y 2.18% (estados de plena floración e inicios de fructificación y el momento de máxima producción del cultivo respectivamente).

En cada fecha evaluada en cuanto al contenido del potasio también no fueron significativas tanto cuando se analiza en toda la planta (no incluyen frutos) y en las hojas. En el experimento se observa que el contenido de potasio en las hojas muestra la tendencia de una ligera disminución al final del cultivo coincidiendo con el periodo de plena floración y cuajado de los frutos. Los valores obtenidos son similares a los reportados por varios investigadores (Castillo, 1993; Kalon and Jaskowiec, 1982 y John et al, 1975) al evaluar el rango de potasio en las hojas de plantas cultivadas en condiciones de campo en la variedad "Chandler" dentro del rango de 2.5% y 2.2% quienes encontraron las más altas concentraciones próximas a 2% en la etapa de plena floración así como una disminución ligera pero constante hacia el final del cultivo.

Al evaluar el contenido de fósforo en toda la planta y en las hojas no se encontraron diferencias en los tratamientos. Los valores encontrados son mayores a los obtenidos por otros autores (Castillo, 1993 ; Albregts and Howard, 1980 y Hochmuth, 1995) pese a habersele dado en la solución nutritiva en las concentraciones recomendadas, aún así las plantas no presentaban síntomas de toxicidad de este elemento

Al evaluar el contenido de calcio en toda la planta (sin incluir los frutos) y en las hojas no se encontró diferencias entre los tratamientos. En el experimento se observa que el calcio aumenta en la etapa de fructificación de la planta lo cual se debería al

incremento de su concentración de este elemento en la solución nutritiva para esta etapa y al mayor requerimiento por la planta. Dado los resultados obtenidos en este se puede indicar que se brindó los niveles óptimos señalados como adecuados por los investigadores (Ulrich et al, 1980 ; Hochmuth,1995 ; López, 1985).

Al analizar el contenido de magnesio evaluadas en toda la planta y en las hojas no fueron significativas. En el experimento los valores encontrados para el magnesio se pueden considerar como los adecuados ya que se encuentra dentro de los rangos adecuados recomendados por (Castillo,1993 y Hochmuth,1995).

Al evaluar el contenido de hierro en las hojas no se encontró diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados en este experimento se consideran dentro de los valores señalados por varios investigadores. Dado los resultados obtenidos en este se puede indicar que se brindó los niveles óptimos.

6. CONCLUSIONES

Durante la Evaluación de Soluciones Hidropónicas para la Producción de "fresa" *Fragaria x ananassa* Duchesne cv Chandler. Se han obtenido las siguientes conclusiones:

- 1.- La fresa no responde de manera diferencial durante la etapa vegetativa a los niveles de concentración de nitrógeno aplicados (200 y 250 ppm) y del potasio (250 y 300 ppm) de la solución nutritiva.
- 2.- En la etapa de floración y fructificación a niveles altos de N y K se obtiene el mayor peso de infrutescencias y número de las mismas. Siendo el tratamiento 3 (200 y 300 ppm) que da los mejores resultados de rendimiento en la planta.
- 3.- El porcentaje de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro evaluados en las hojas y raíces durante el ciclo de cultivo de la fresa no varió en los tratamientos aplicados.
- 4.- El sistema utilizado en este experimento podría aplicarse para una producción a pequeña escala donde las condiciones no son aptas para realizar la agricultura convencional.

7. RECOMENDACIONES

- 1.- Dado que en la actualidad existen en el mercado nacional fertilizantes adecuados para trabajos en hidroponía (con buena solubilidad) sería recomendable hacer uso de dichos fertilizantes.
- 2.- Es conveniente tener en cuenta las condiciones climáticas para el desarrollo óptimo de la planta así sembrar las plántulas durante el otoño para disminuir el proceso de la formación de estolones inducido por altas temperaturas durante el verano.
- 3.- Se sugiere complementar este tipo de experimentos con estudios de costos y beneficios económicos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALBREGTS, E and HOWARD, C. 1980. Accumulation of nutrients by Strawberry Plants and Fruit Grown in Annual Hill Culture en: J.Amer.Soc.Hort.Sci.105(3): 386-388.
- AREVALO, A. 1997. Influencia de diversas coberturas de suelo (mulching) en el rendimiento y calidad de Fresa (*Fragaria ananassa*) Duch var. "Chandler". Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo, UNALM, Lima.
- BARRIGA, G. 1991. "Frutilla" Situación actual y Perspectivas en: Revista "El Campesino", Santiago de Chile No 6, Vol 72:35-37.
- BERRY, W. 1996. The evolution of Hydroponics. Hydroponics Society of America, Proceeding of 17th Conference, San Jose, California.
- CASTILLO, C. 1993. Curvas de Absorción de Nutrientes en cultivos de Fresa (*Fragaria ananassa*) Duch cv. "Chandler". Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, UNALM, Lima.
- DEVLIN, R. 1980. Fisiología Vegetal, edic Omega S.A, Barcelona.
- CHIRA, L. 1984. Comportamiento de cuatro Cultivares de Fresa (*Fragaria ananassa*) Duch, provenientes de California, en su primera campaña en la zona de Lima. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, UNALM, Lima.
- EPSTEIN, E. 1972. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Wiley, New York.
- FLORIAN, P. 1997. Sustratos: Propiedades, Ventajas y Desventajas pp 17-33 en: Hidroponía Comercial, UNALM, Lima.

- FRANCIOSI, R. 1974. Cultivo de la Fresa en el Perú. Boletín Técnico No 80, Mininterio de Agricultura, Lima, 32 pp.
- FOLQUER, F. 1986. La Frutilla o Fresa, Universidad de Tucumán, Cátedra de Olericultura, Tucumán, Argentina.
- FURLANI, P. 1997. Fertilizantes y Soluciones Nutritivas pp 59-78 en: Hidroponía Comercial, UNALM, Lima.
- HOAGLAND, D and ARNON, D. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Sta. Cir 347.
- HOCHMUTH, G, D. Maynard, C. Vavrina and E. Hanlon. 1991. Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida. Fla. Coop.Ext.Serv.Special.Series SS-VEC-42.
- HOCHMUTH, G. 1995. Strawberries. Fertilization of Strawberries in Florida, University of Florida, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, Fla. Circ. 1141.
- HOCHMUTH, G. 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries in: J.Amer.Soc.Hort.Sci.121(4): 660-666.
- HUBER, D. 1997. Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de las plantas pp 12-13 en: Informaciones Agronómicas, INPOFOS, No 32, Quito.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA. 1994. Análisis Instrumental de Aguas, Suelos, Fertilizantes y Foliar en: Resumen Taller, CICH-KM, Laboratorio de Suelos y Fertilizantes, Huaral.

- IZQUIERDO, J. 1997. La Huerta Hidropónica Popular. Manual Técnico, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2da Edic revisada, Santiago.
- JOHN et al. 1975. Influence of sampling time of elemental composition of Strawberry leaves and petioles. J.Amer.Soc.Hort.Sci.100: 513-517.
- KALON and JASKOWIEC. 1982. Seasonal changes in N, P, K, Ca and Mg contents in the leaves of wood strawberries Baron Solemacher cultivate in: Fruit Science Report 9 (4): 195-203.
- LOPEZ, J. 1985. El Diagnóstico de Suelos y Plantas, Edic Mundi-Prensa, 4ta edic, Madrid.
- MALAVOLTA, E. 1994. Importancia da adubacao na qualidade dos produtos agrícolas-funcao dos nutrientes na planta. en: M. Eustaquio da Sá e S.Buzzeti. Sao Paulo.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1997. Rendimiento y Producción de las principales frutas, Oficina de Información Agraria, Lima.
- MORENO, U. 1995. Hidroponía: Potencialidad y Perspectivas en el Perú pp 5-11 en: 2do Curso-Taller de HIDROPONIA, UNALM, Lima.
- MORENO, U. 1996. Esquemas Productivos Familiares para el Perú pp 347-352 en: CursoTaller Internacional de Hidroponía, Lima.
- OTAROLA, L. 1993. Efecto de fertilización de N-P-K y de la aplicación foliar suplementaria en el rendimiento del cultivo de la fresa (*Fragaria ananassa*) Duch cv. "Tufts" bajo R.L.A.F exudación. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, UNALM, Lima.

- PERALTA, J. 1994. Efecto de densidad de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad de la fruta Fresa (*Fragaria ananassa*) Duch cv. "Chandler". Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, UNALM, Lima.
- RESH, H. 1992. Cultivos Hidropónicos, Edit Mundi Prensa, España.
- RESH, H. 1996. Hydroponic Food Production. 5th edition Woodbridge Press Publishing Co, California.
- RESH, H. 1997. Cultivo en Columnas de hortalizas y fresas pp 49-57 en: Hidroponía Comercial, UNALM, Lima.
- RODRIGUEZ, A. 1995. Nutrición Mineral y la Solución de nutrientes pp 66-78 en: Resumen de 2do Curso Taller de Hidroponía, UNALM, Lima.
- SALISBURY, F. 1994. Fisiología Vegetal, Grupo Edit Iberoamericano S.A, Cuarta Edic, México.
- SESTAK et al. 1971 Plant Photosynthetic Production. Manual of Methods, Netherlands.
- TOMASSINI, A. 1994. Análisis Foliar: Fundamentos y Métodos de Evaluación en: Informaciones Agromómicas, INFOPOS, No 17, Quito.
- ULRICH, et al. 1980. Strawberry deficiency syptoms: visual and plant analysis guide to fertilization. Agricultural experiment station, University of California.
- VALDERRAMA, E. 1976. Incremento de azúcares en cinco clones de oca por acción de los rayos solares. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco.

WALTMAN, C. 1951. Nitrogen and Phosphorus relation ship in strawberries. Kentucky Agric.Coll.Exp.Sta.Bull, 562, 11 pp.

YÁÑEZ, J. 1981.Efecto de la fertilización mineral mediante un factorial 3N, 3Py 3K en el rendimiento y la calidad de la fresa (*Fragaria ananassa*) Duch cv. "Aiko" en la zona de Lima.Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo,UNALM, Lima.

ZAPP, J. 1991. Cultivos Sin Tierra. La Hidroponía Popular, PNUD-UNIFEM, Bogotá.

9. ANEXO

Cuadro 1. Resultados del análisis de agua potable utilizada en la preparación de las soluciones hidropónicas en evaluación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA "LA MOLINA"

FACULTAD DE AGRONOMIA - DPTO. SUELOS Y FERTILIZANTES

LABORATORIO DE ANALISIS

Telf. 35-2035 anexo 222. Apdo. 456 - La Molina, LIMA - PERU

ANALISIS DE AGUAS

SOLICITANTE : VISION MUNDIAL INTERNACIONAL FECHA: 21/11/96
PROCEDENCIA: LIMA / CARABAYLLO REFER: H.R.1287

No. LABORATORIO						
No. CAMPO						
C.E. mmhos/cm	0.84					
pH	6.70					
Calcio mc/l	5.40					
Magnesio mc/l	1.38					
Sodio mc/l	0.87					
Potasio mc/l	0.07					
SUMA CATIONES	7.72					
Nitratos mc/l	0.20					
Carbonatos mc/l	0.00					
Bicarbonatos mc/l	2.85					
Sulfatos mc/l	3.75					
Cloruros mc/l	1.53					
SUMA ANIONES	8.33					
SODIO %	11.26					
S A R	0.47					
BORO ppm	0.20					
CLASIFICACION	C3-S1					

Observaciones:

Jefe del Laboratorio

020389

Cuadro 2. Fertilizantes y cantidades empleados en la preparación de soluciones nutritivas para tratamientos de la etapa vegetativa para un volumen de 500 litros.

Fertilizantes (g)	Tratamientos	
	T1	T2
Nitrato de potasio	164.85	206.25
Mezcla sulfonítrica	347	443.5
Superfosfato triple	75	75
Sulfato de magnesio	139.5	139.5
Fetrilom-combi	25	25
Acido bórico	0.5	0.5

Cuadro 3. Fertilizantes y cantidades empleadas en la preparación de soluciones nutritivas para tratamientos de la etapa de floración y fructificación para un volumen de 500 litros.

Fertilizantes (g)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Nitrato de potasio	365.5	456.6	548
Mezcla sulfonítrica	18.55	41.1	63.55
Superfosfato triple	182	182	182
Cloruro de calcio	80	80	80
Sulfato de magnesio	523.5	523.5	523.5
Fetrilom-combi	25	25	25
Acido bórico	0.2	0.2	0.2

Cuadro 4 Evaluación de crecimiento y desarrollo durante la etapa vegetativa (primero y segundo muestreo) y de floración y de fructificación (del tercero al Quinto muestreo) en *Fragaria x ananassa* Duchense cv. Chandler.

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	No de hojas	No de coronas sec.	Peso fresco de lámina de la hoja (g)	Peso seco de lámina (g)	Area foliar/pl (cm ²)	Peso fresco peciolo de la hoja (g)	Peso seco del peciolo (g)	No de raíces sec/pl	Peso fresco de raíces sec. (g)	Peso seco de raíces sec. (g)	Peso fresco total (g)	Peso seco total (g)
PRIMER MUESTREO													
T1		11	0	10.82	4.83	549.9	10.41	1.9	38	7.66	1.72	28.89	8.46
T2		14	0	9.91	4.08	578.15	9.05	1.73	35	5.69	1.26	24.65	7.07
ANOVA		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
SEGUNDO MUESTREO													
T1	11.6	16	0	13.84	4.39	649.05	14.64	2.68	35	9.44	1.56	37.92	8.63
T2	13.25	14	1	13.48	4.74	538.22	15.34	2.92	43	8.84	1.6	37.74	9.26
ANOVA	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
TERCER MUESTREO													
T1		19	3	11.57	3.68	649.36	8.72	1.61	72	23.77	3.09	43.89	8.38
T2		18	2	13.93	3.87	484.77	9.83	2.77	58	22.57	3.09	46.33	9.73
T3		16	2	15.11	4.03	605.5	12.37	1.9	55	29.14	3.34	56.63	9.27
ANOVA		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CUARTO MUESTREO													
T1		20	3	15	3.61	741.59	9.19	1.57	41	16.31	2.54	40.51	7.69
T2		21	3	30.6	5.59	649.81	14.26	2.47	77	24.36	3.77	69.16	11.83
T3		23	3	24.26	4.8	692.3	15.39	2.74	77	26.1	4.03	65.71	11.57
ANOVA		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
QUINTO MUESTREO													
T1	16.26 b ^z	24 b	3 a	18.57 c	5.23 c	961.35 c	12.7 c	2.16 a	77 b	21.62 b	4.03 b	52.72 c	11.43 c
T2	17.73 a	29 ab	4 a	29.74 b	7.87 b	1178.79 b	21.88 b	3.73 a	105 a	29.84 ab	5.36 ab	81.46 b	16.97 b
T3	17.97 a	38 a	5 a	40.03 a	10.08 a	1607.3 a	30.21 a	4.91 a	114 a	37.28 a	6.8 a	107.53 a	21.78 a
ANOVA	**	ns	ns	*	**	*	*	ns	ns	ns	ns	*	*

ns = no significativa

* = significativa

** = altamente significativa

^z = separación de medias en columnas por la prueba de rango múltiple de Duncan

Cuadro 5. Valores promedios de los parámetros evaluados durante la cosecha y la separación de los promedios por la prueba de rango múltiple de Duncan.

Variables	Tratamientos						ANOVA
	T1		T2		T3		
No de flores	16.6	c	29.6	b	39.7	a	**
No de infrutescencias	11.8	c	21.3	b	24.6	a	**
Peso fresco de infrutescencias (g)	200.32	c	322.2	b	410.61	a	**
Altura de la planta (cm)	16.23	b	17.73	a	127.97	a	**

** = altamente significativa

Cuadro 6. Valores de la caracterización de infrutescencias y la separación de los promedios por la prueba de Duncan.

Variables	Tratamientos					ANOVA
	Control	T1	T2	T3		
% de azúcares reductores	43.58 a	24.4 b	21.82 c	18.28 d		*
pH de infrutescencias	3.46 a	3.3 b	3.46 a	3.52 a		ns

* = significativa

ns = no significativa

Cuadro 7. Contenido químico de elementos esenciales en hojas de “fresa” *Fragaria x ananassa* Duchesne cv. Chandler (expresado en porcentaje).

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)
			1er muestreo			
Tratamiento 1	3.45	0.87	2.59	1.79	0.58	366
Tratamiento 2	3.56	0.70	2.32	1.70	0.63	396
ANOVA	ns	ns	ns	**	ns	ns
			2do muestreo			
Tratamiento 1	3.65	0.61	2.28	1.94	0.73	410
Tratamiento 2	3.87	0.64	2.22	1.81	0.73	408
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			3er muestreo			
Tratamiento 1	3.16	0.83	2.70	1.97	0.46	551
Tratamiento 2	3.98	0.82	2.84	2.14	0.48	605
Tratamiento 3	3.51	0.69	2.57	1.62	0.44	597
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			4to muestreo			
Tratamiento 1	3.22	0.87	2.49	1.8	0.51	524.5
Tratamiento 2	3.13	0.81	2.57	1.86	0.6	466
Tratamiento 3	3.74	0.84	2.9	1.86	0.63	540.5
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			5to muestreo			
Tratamiento 1	2.85	0.91	2.1	1.78	0.67	423
Tratamiento 2	2.85	0.79	2.13	2.19	0.68	385.5
Tratamiento 3	2.9	0.99	2.24	2.32	0.64	453.5
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			5to muestreo y control			
Tratamiento 1	2.85	0.91	2.1	1.78	0.67	423
Tratamiento 2	2.85	0.79	2.13	2.19	0.68	385.5
Tratamiento 3	2.9	0.99	2.24	2.32	0.64	453.5
Control	1.35	0.25	0.31	1.04	0.28	146
ANOVA	ns	*	**	*	*	**

** = altamente significativa

* = significativa

ns = no significativa

Cuadro 8. Contenido químico de elementos esenciales por planta en "fresa"
Fragaria x ananassa Duchesne cv. Chandler (expresado en porcentaje).

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)
			1er muestreo			
Tratamiento 1	2.84	0.69	1.88	1.61	0.53	376
Tratamiento 2	3.16	0.65	2.16	1.6	0.56	490
ANOVA	ns	ns	ns	ns	*	ns
			2do muestreo			
Tratamiento 1	3.05	0.56	1.76	1.88	0.63	462.5
Tratamiento 2	3.14	0.58	1.79	1.73	0.57	535.5
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			3er muestreo			
Tratamiento 1	2.61	0.69	1.9	1.52	0.43	1420.5
Tratamiento 2	2.98	0.64	2.01	1.6	0.44	1002
Tratamiento 3	2.68	0.56	1.77	1.41	0.41	1558.5
ANOVA	ns	*	ns	ns	ns	ns
			4to muestreo			
Tratamiento 1	2.65	0.7	1.83	1.63	0.48	703.25
Tratamiento 2	2.49	0.63	1.89	1.63	0.56	550.75
Tratamiento 3	2.99	0.66	2.2	1.73	0.57	630.5
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	*
			5to muestreo			
Tratamiento 1	2.45	0.73	1.72	1.66	0.56	445
Tratamiento 2	2.65	0.66	1.69	2.09	0.57	422.5
Tratamiento 3	2.6	0.78	1.79	2.13	0.55	494
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			5to muestreo y control			
Tratamiento 1	2.45	0.73	1.72	1.66	0.56	445
Tratamiento 2	2.65	0.66	1.69	2.09	0.57	422.5
Tratamiento 3	2.6	0.78	1.79	2.13	0.55	494
Tratamiento 4	1.2	0.23	0.25	0.83	0.26	153
ANOVA	ns	*	*	*	*	*

** = altamente significativa

* = significativa

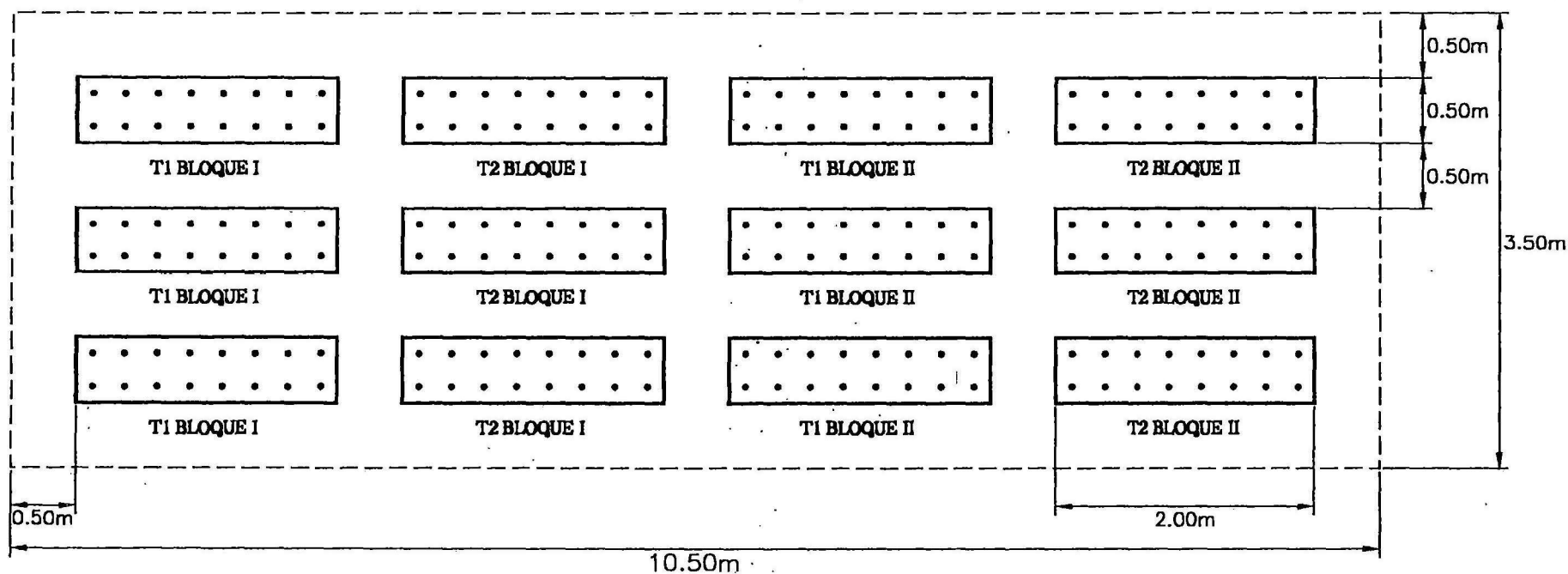
ns = no significativa

Cuadro 9. Contenido químico de elementos esenciales en hojas y raíces por planta (expresado en gramos).

	N (g)		P (g)		K (g)		Ca (g)		Mg (g)		Fe (mg)	
			1er muestreo (10 de Febrero)									
	Hojas	Raíces	Hojas	Raíces	Hojas	Raíces	Hojas	Raíces	Hojas	Raíces	Hojas	Raíces
Tratamiento 1	0.23	0.04	0.06	0.0088	0.16	0.022	0.12	0.025	0.04	0.0079	23.12	7.03
Tratamiento 2	0.21	0.03	0.04	0.0077	0.14	0.02	0.10	0.02	0.03	0.0065	24.34	7.07
			2do muestreo (10 de marzo)									
Tratamiento 1	0.26	0.04	0.043	0.0078	0.16	0.02	0.14	0.03	0.052	0.0083	28.99	8.03
Tratamiento 2	0.30	0.04	0.05	0.0082	0.17	0.022	0.14	0.03	0.046	0.0086	31.25	10.61
			3er muestreo (30 de mayo)									
Tratamiento 1	0.17	0.063	0.044	0.017	0.14	0.034	0.10	0.033	0.024	0.012	29.15	70.76
Tratamiento 2	0.26	0.061	0.054	0.014	0.19	0.036	0.14	0.032	0.032	0.013	40.22	43.23
Tratamiento 3	0.21	0.062	0.041	0.014	0.15	0.033	0.096	0.040	0.0030	0.013	35.34	84.17
			4to muestreo (30 de Junio)									
Tratamiento 1	0.16	0.053	0.04	0.013	0.13	0.039	0.093	0.037	0.026	0.011	27.12	22.40
Tratamiento 2	0.25	0.077	0.0065	0.023	0.21	0.046	0.15	0.053	0.051	0.022	37.56	23.96
Tratamiento 3	0.28	0.091	0.063	0.023	0.22	0.060	0.14	0.064	0.048	0.020	40.75	29.04
			5to muestreo (30 de Julio)									
Tratamiento 1	0.21	0.083	0.073	0.022	0.15	0.054	0.13	0.062	0.055	0.018	31.3	18.82
Tratamiento 2	0.33	0.13	0.092	0.028	0.24	0.066	0.25	0.111	0.079	0.025	44.72	24.63
Tratamiento 3	0.43	0.16	0.15	0.044	0.33	0.091	0.35	0.132	0.096	0.032	67.98	36.35

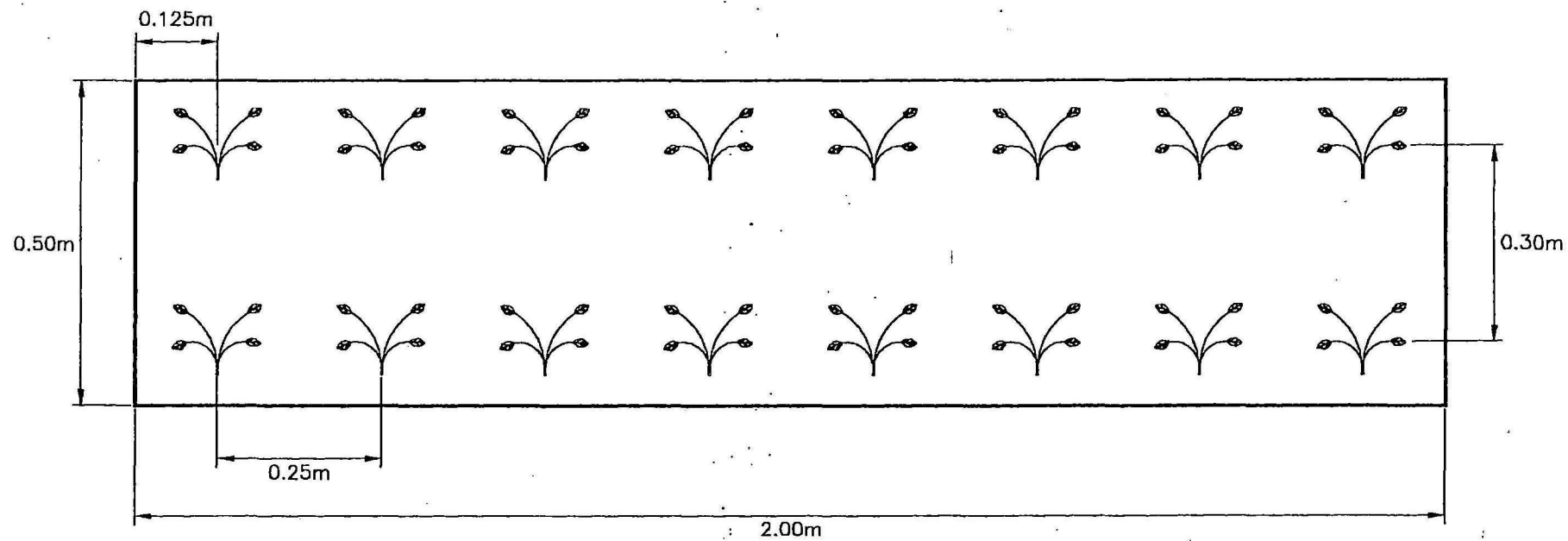
Cuadro 10 Relación de Area foliar total y Peso fresco total durante el Quinto muestreo en plantas de “fresa” *Fragaria* x *Ananassa* Duchene.

TRATAMIENTOS	T1	T2	T3
Area Foliar	961.35	1178.79	1603.70
Peso Fresco Total (incluye frutos)	253.04	403.66	518.14
Relación AF/W _f Total (cm ² /g)	3.79	2.92	3.10



Escala 1:50

Fig 1. Diseño experimental aplicado en la etapa vegetativa del cultivo de "fresa" *Fragaria x ananassa* Duchesne. cv. Chandler.



Escala 1:10

Fig 2. Módulo de distribución de las plantas en una "cama" de cultivo de "fresa"
Fragaria x ananassa Duchesne cv. Chandler.

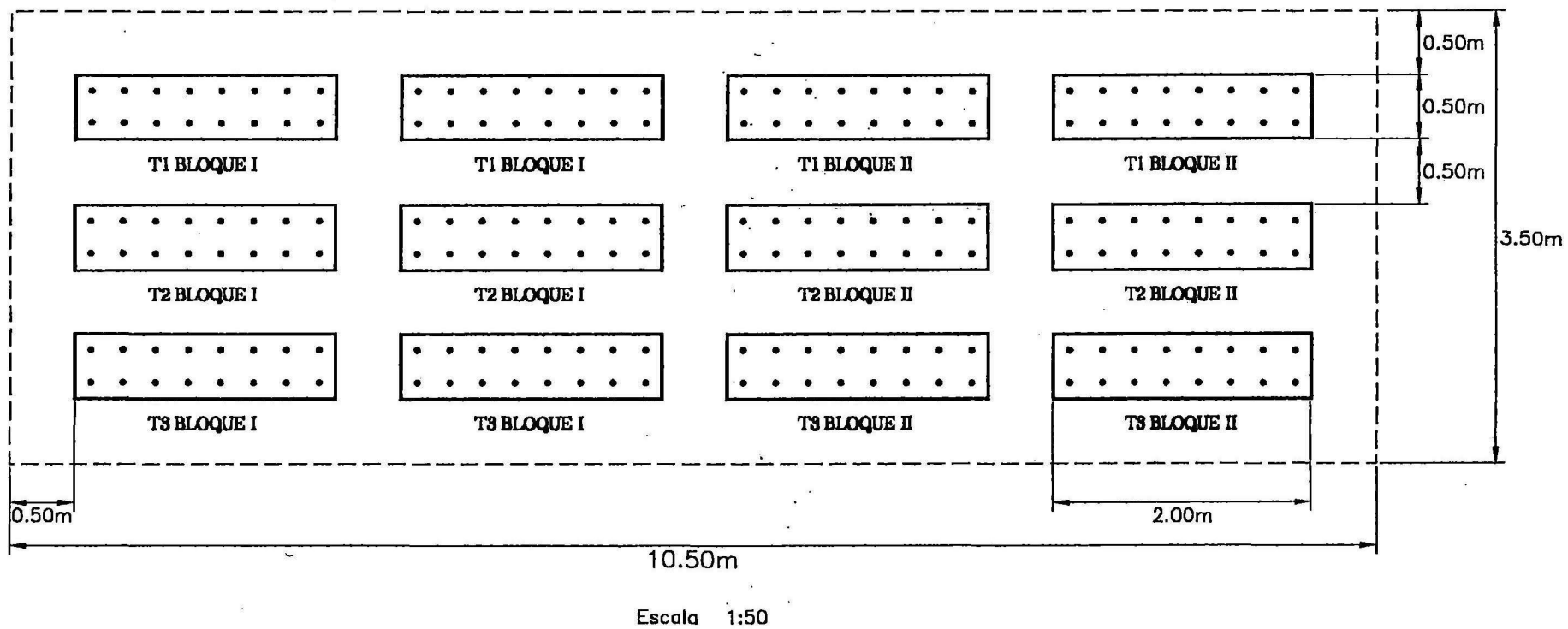


Fig 3. Diseño experimental aplicado en la etapa de Floración y Fructificación del cultivo de "fresa" *Fragaria x ananassa* Duchesne cv. Chandler.

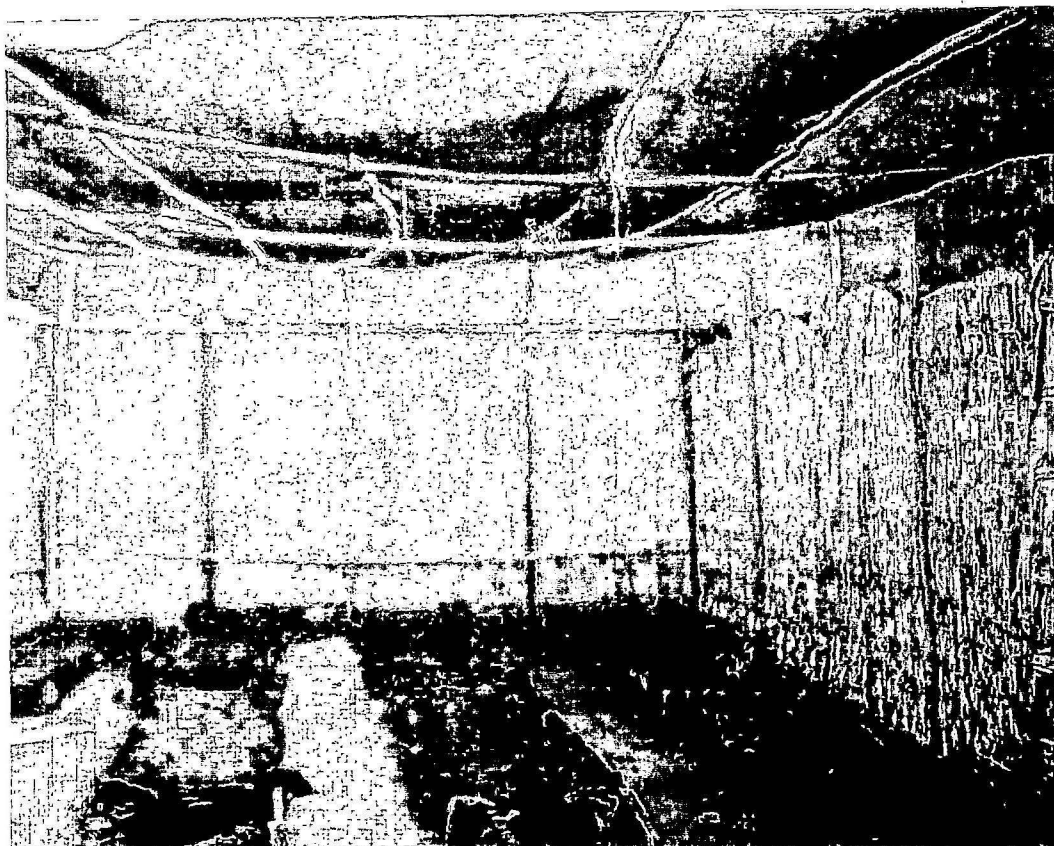


Fig 4. Distribución de las "camas" de cultivo en el experimento de fresa *Fragaria x ananassa* Duchesne cv. Chandler.



Fig 5. Distribución de las plantas de fresa en una "cama" de cultivo.



Fig 6. Plantas de "fresa" *Fragaria x ananassa* Duchesne cv. Chandler a los 60 días después de los tratamientos T1 y T2 aplicados en la etapa vegetativa del cultivo.



Fig 7. Plantas provenientes de los tratamientos T1, T2 y T3 aplicados durante la etapa reproductiva. Nótese la diferencia en el número de coronas secundarias.



Fig 8. Plantas provenientes de los tratamientos T1, T2 y T3 aplicados durante la etapa reproductiva. Nótese el número de coronas secundarias separadas entre si.

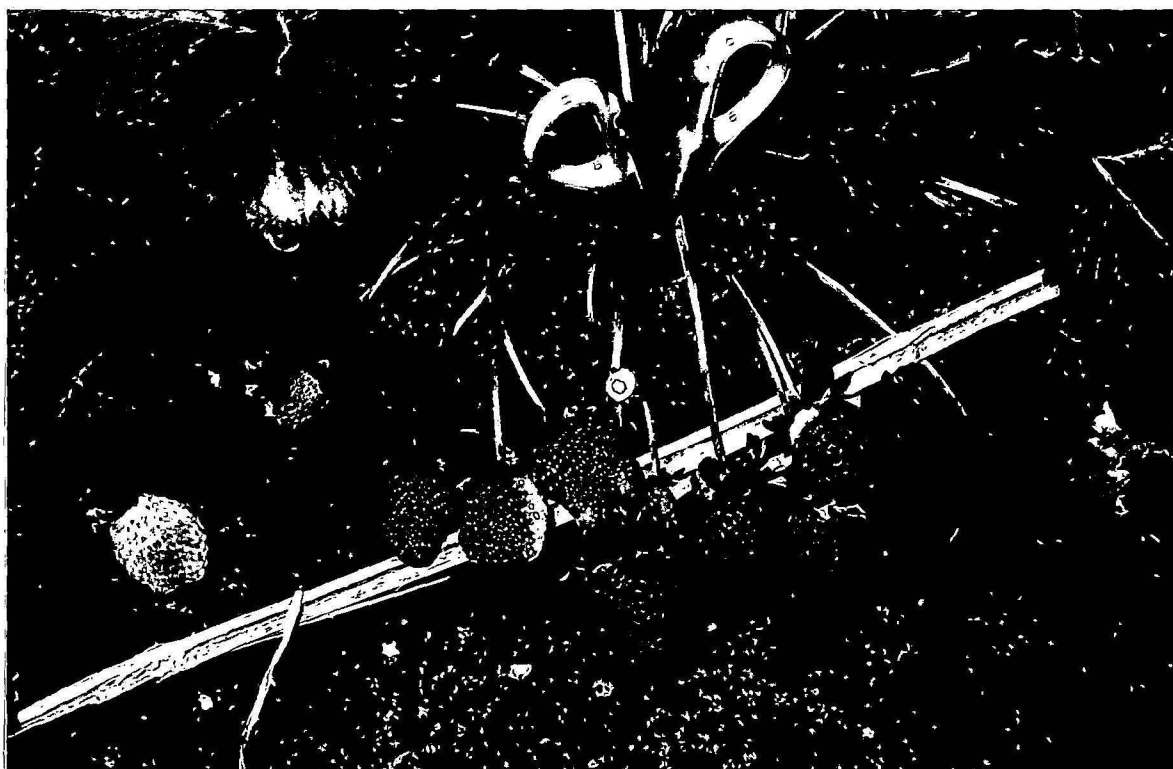


Fig 9. Infrutescencias en desarrollo durante la cosecha.



Fig 10. Infrutescencias colectadas según los tratamientos al momento de una de las cosechas. Nótese las diferencias de productividad.

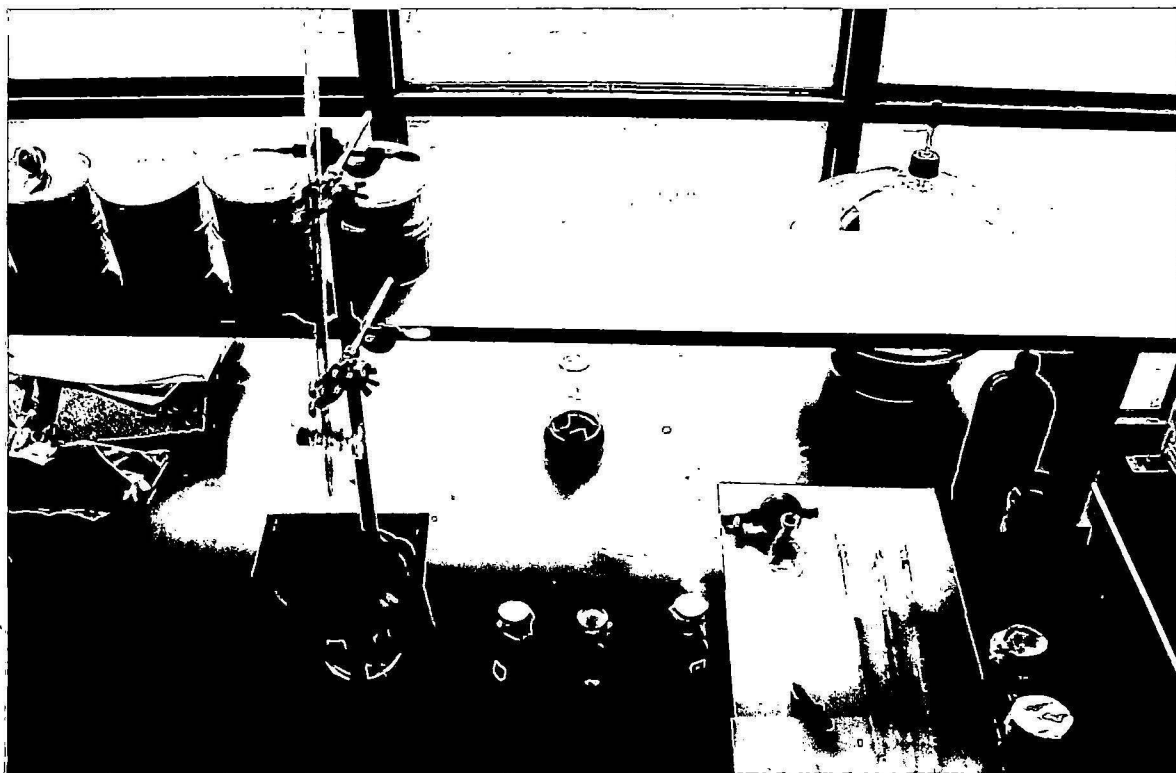


Fig 11. Instrumentos y materiales utilizados para determinar el contenido de azúcares reductores en las infrutescencias de fresa *Fragaria x ananassa* Duchesne cv. Chandler.

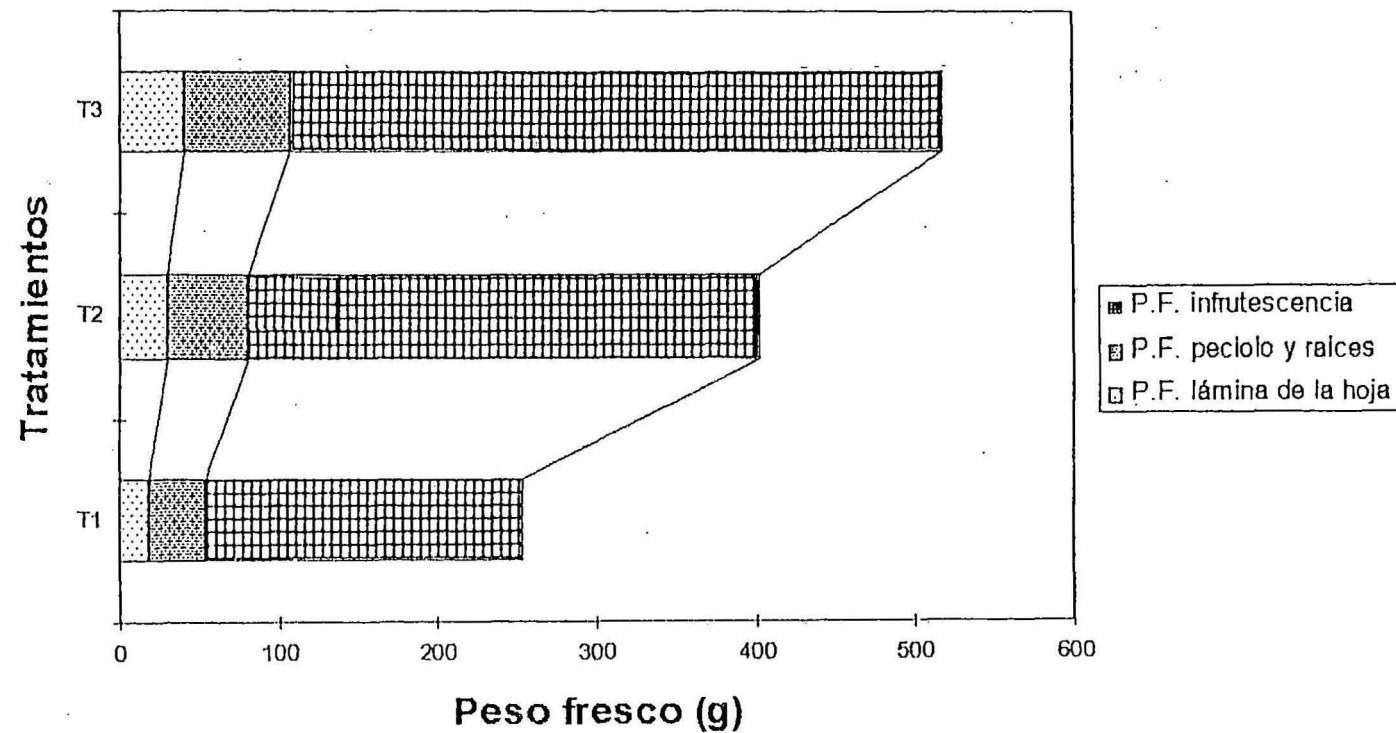


Fig 14. Distribución de la materia fresca en los órganos de la planta de "fresa" en el momento de la cosecha según los tratamientos aplicados. Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos.

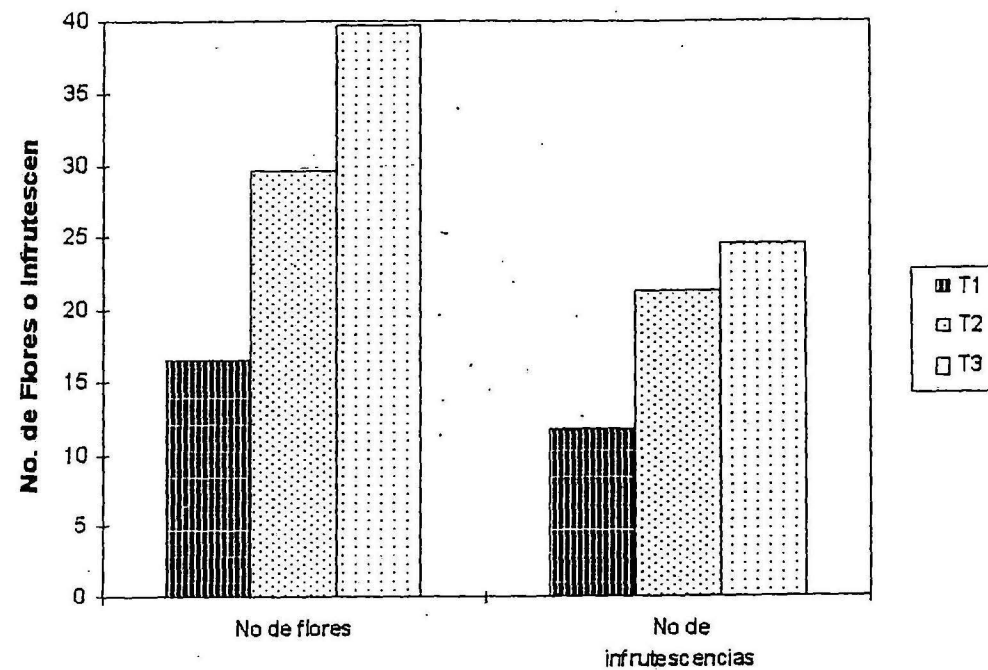


Figura 13. Efecto de los tratamientos (combinaciones de 200:40:300: ppm de N:P:K) en el número de flores y número de infrutescencias en la fresa, evaluados a los 220 días ddt.

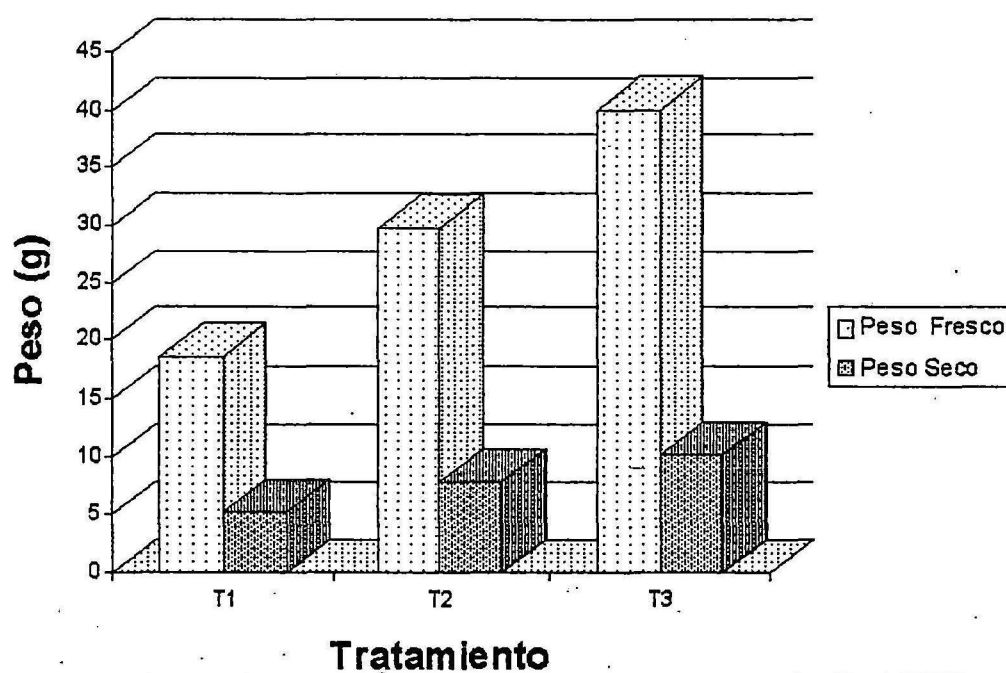


Fig 15. Peso Fresco y Seco de las láminas de las hojas en las plantas de fresa evaluadas a los 220 días (Quinto muestreo).

SENAMHI

OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : HUARANGAL /CO-618/DRE-04

LAT. : 11° 48'

"S"

LONG. : 77° 01'

"W"

ALT. : 410

msnm

DPTO. : LIMA

PROV. : LIMA

DIST. : CARABAYLLO

PARAMETRO : TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑO	NOV	DIC
1996	21,8	25,1

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1997	27,0	29,4	29,2	26,5	25,5	24,8	24,3	23,0

PARAMETRO : TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑO	NOV	DIC
1996	13,7	15,9

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1997	18,2	18,4	18,8	17,6	17,0	17,2	16,8	16,7

PARAMETRO : HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)

AÑO	NOV	DIC
1996	81	87

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1997	74	65	68	76	78	78	78	82

INFORMACION PREPARADA PARA ENOC EFER JARA PEÑA
LIMA, 28 DE SETIEMBRE DE 1998



PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACION AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y FERTILIZANTES
E.E CICH.K.M HUARAL

ANALISIS FOLIAR

NOMBRE : FAC. DE BIOLOGIA CULTIVO : FRESA
PROCEDNCIA : CARABAYLLO - LIMA

No	TRATAMIENTO	ORGANO	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm
Primer Muestreo								
1	T1	H	3.25	0.91	2.53	1.63	0.60	344
2		R	2.3	0.52	1.25	1.83	0.40	398
3	T1	H	3.51	0.84	2.38	1.02	0.53	342
4		R	2.3	0.5	1.36	1.66	0.59	420
5	T2	H	3.64	0.83	2.65	1.74	0.52	388
6		R	2.7	0.68	1.9	1.57	0.55	624
7	T2	H	3.51	0.54	2.25	1.75	0.66	458
8		R	2.7	0.56	1.82	1.32	0.52	498
Segundo muestreo								
9	T1	H	3.64	0.57	2.11	1.69	0.74	344
10		R	2.8	0.61	1.36	1.62	0.52	476
11	T1	H	3.66	0.61	2.44	2.18	0.71	558
12		R	2.1	0.43	1.15	2.05	0.55	472
13	T2	H	3.71	0.7	2.13	1.84	0.56	392
14		R	2.4	0.63	1.28	1.55	0.56	656
15	T2	H	4.03	0.59	2.3	1.75	0.62	424
16		R	2.4	0.4	1.44	1.78	0.52	670
Tercer muestreo								
17	T1	H	3.6	0.85	2.8	1.09	0.43	554
18		R	2.1	0.57	1.12	1.73	0.434	2740
19	T1	H	2.73	0.81	2.6	1.06	0.43	548
20		R	2	0.52	1.08	2.2	0.49	1840
21	T2	H	4.2	0.81	2.86	1	0.40	540
22		R	2	0.46	1.14	2.05	0.46	1640
23	T2	H	3.77	0.84	2.82	1.08	0.42	670
24		R	1.95	0.46	1.23	2.04	0.5	1158
25	T3	H	3.51	0.74	2.73	1.2	0.43	592
26		R	2.1	0.4	0.91	1.98	0.37	2540

27	T3	H	3.51	0.74	2.4	1.19	0.39	602
28		R	1.60	0.45	1.05	1.96	0.46	2500
Cuarto muestreo								
29	T1	H	3.25	0.79	2.73	1.83	0.61	498
30		R	1.7	0.58	1.39	1.43	0.51	1044
31	T1	H	3.25	0.95	2.24	1.51	0.42	551
32		R	2.47	0.49	0.97	1.77	0.38	720
33	T2	H	3.00	0.62	2.34	1.51	0.69	466
34		R	1.7	0.42	1.3	1.71	0.53	720
35	T2	H	3.25	1	2.8	1.3	0.51	466
36		R	2.0	0.5	1.13	2	0.5	551
37	T3	H	3.77	0.88	2.7	1.34	0.62	530
38		R	2.9	0.46	1.32	1.8	0.45	848
39	T3	H	3.7	0.8	3.1	1.91	.65	551
40		R	1.6	0.49	1.67	1.86	0.56	593
Quinto muestreo								
41	T1	H	2.99	0.77	2.0	1.9	0.65	371
42		R	2.1	0.5	1.28	1.59	0.48	430
43	T1	H	2.7	1.05	2.19	1.67	0.69	475
44		R	2	0.59	1.4	1.67	0.44	504
45	T2	H	3.3	0.78	2	2.04	0.68	489
46		R	2.8	0.59	1.06	1.94	0.57	356
47	T2	H	2.4	0.81	2.26	2.35	0.68	430
48		R	2.1	0.48	1.43	2.02	0.37	415
49	T3	H	2.5	0.98	2.1	2.23	0.53	432
50		R	2.3	0.65	1.5	1.78	0.39	549
51	T3	H	3.3	0.99	2.38	2.11	0.75	475
52		R	3.3	0.51	1.18	2.4	0.54	520
53	TESTIGO	H	1.15	0.3	0.43	1.28	0.27	154
54		R	1.5	0.18	0.22	0.81	0.25	180
55	TESTIGO	H	1	0.2	0.2	0.71	1.28	138
56		R	1.4	0.24	0.28	0.93	0.25	180